

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Олександр
РОЛІК
«__» _____ 20__
р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи
управління»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: «Автоматизована система регулювання параметрів киснево-
конвертного виготовлення сталі»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ІА-62
Тимчук Андрій Володимирович

Керівник:
Ст. викладач,
Яланецький Валерій Анатолійович

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому
дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Автоматики та управління в технічних системах

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані системи управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Тимчуку Андрію Володимировичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система регулювання параметрів киснево-конвертного виготовлення сталі», керівник проєкту Яланецький Валерій Анатолійович ст. викладач, затверджені наказом по університету від «7» травня 2020р. № 1081-с
2. Термін подання студентом проєкту 11.06.2020
3. Вихідні дані до проєкту: Програма управління має бути зроблена в середовищі CODESYS, автоматизоване робоче місце оператора має бути виконане в програмі Tracemode. Дані програми, мають бути з'єднані і передавати інформацію між собою.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз предметної області, огляд існуючих рішень, обґрунтування власної реалізації, розроблення структурної та функціональної схем, розроблення схеми функціональної, розробка програмного забезпечення, комунікація між елементами системи, висновки.
5. Перелік графічного матеріалу: схема структурна, схема функціональна, схема алгоритм програми управління, вигляд автоматизованого робочого місця оператора.
6. Дата видачі завдання 05.02.2020р.

№	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Вивчення технологічних аспектів	05.03.2020	
2	Огляд існуючих рішень	25.03.2020	
3	Складання схеми структурної	06.04.2020	
4	Складання схеми функціональної	13.04.2020	
5	Розробка програми управління	21.05.2020	
6	Розробка АРМО	19.05.2020	
7	З'єднання елементів АСУ	07.06.2020	

Студент

Андрій ТИМЧУК

Керівник

Валерій ЯЛАНЕЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Тимчук А.В. Автоматизована система регулювання параметрів киснево-конвертного виготовлення сталі. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020.

Проект містить 60 с. тексту, 33 рисунка, 2 таблиці, посилання на 26 літературних джерел та 4 конструкторських документи.

Ключові слова: Кисневий конвертор, автоматизована система управління, автоматизоване робоче місце оператора, програма управління, контроллер.

Об'єктом керування є параметри киснево-конвертного виготовлення сталі.

Предметом дослідження є система киснево-конвертної обробки сталі.

Метою дипломного проекту є створення автоматизованої системи регулювання параметрами киснево-конвертного виготовлення сталі, створити програмні моделі об'єкта управління та контролера та забезпечити контроль за протіканням даного процесу.

У дипломному проекті розроблено систему управління параметрами киснево-конвертерного виготовлення сталі. На протязі виконання роботи, було розглянута її актуальність, та галузь застосування. Також були оглянуті можливі рішення і на основі їх, а також навичкам, здобутим за час навчання, було обґрунтовані, та вибрані методи для досягнення мети, створені структурна та функціональна схеми, програма управління та автоматизоване робоче місце оператора. Також, був обґрунтований вибір з'єднання між елементами автоматизованої системи.

Отримані результати, можуть бути корисними при автоматизації подібних об'єктів, допрацювання та встановлення їх на реальні об'єкти по виробництву сталі.

ANNOTATION

Tymchuk A.V. Automated system of regulating parameters of oxygen-envelope steel production. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic institute, Kyiv, 2020.

The project contains 60 pages of text, 33 figures, 2 table, links to 26 literary sources and 4 design documents.

Keywords: Oxygen converter, automated control system, automated operator's workplace, control program, controller.

The object of control is the parameters of oxygen-envelope steel production.

The subject of the research is the oxygen-envelope steel processing system.

The purpose of the diploma project is to create an automated control system for the parameters of oxygen-envelope steel production, to create software models of the control object and the controller and to provide control over the process..

In the diploma project the control system of parameters of oxygen-converter production of steel is developed. During the implementation of the work, its relevance and scope were considered. Possible solutions were also reviewed and based on them, as well as skills acquired during training, were substantiated and selected methods to achieve the goal, created structural and functional schemes, management program and automated operator's workplace. Also, the choice of connection between the elements of the automated system was justified.

The obtained results can be useful in the automation of such objects, refinement and installation of them on real objects for steel production.

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Автоматизована система регулювання
параметрів киснево-конвертного виготовлення
сталі»

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	5
1.1 Основні відомості киснево-конвертного процесу.....	5
1.2 Опис киснево-конвертного процесу	7
1.3 Етапи киснево-конвертного виготовлення сталі.....	12
1.4 Висновки до розділу.....	17
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	18
2.1 Відомі технології	18
2.2 АСУТП «Плавка» - «Сталь».....	19
2.3 Висновки до розділу.....	21
3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ	22
3.1 Розроблення схеми структурної.....	22
3.2 Розроблення схеми функціональної	23
3.3 Рекомендовані технічні засоби автоматизації.....	24
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	27
4.1 Алгоритм програми управління	27
4.2 Розробка керуючої програми контролера.....	28
4.3 Розробка моделі об'єкта автоматизації.....	34
4.4 Розробка автоматизованого робочого місця оператора	35
5 КОМУНІКАЦІЯ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМИ	40
5.1 З'єднання моделі об'єкта автоматизації з керуючим контролером	40
5.2 Встановлення з'єднання між автоматизованим робочим місцем оператора та керуючим контролером	44
6 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ	50
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
Додаток А.....	67
Додаток Б	77

					IA62.270BAK.005 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис								
Розробив	Тимчук А.				Автоматизована система регулювання параметрів киснево- конвертного виготовлення сталі			Літ.	Лист.	Листів	
Перевірив	Яланецький В.							Т		2	70
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФІОТ			
Н. контр.											
Затв.											

ВСТУП

Одна з особливостей промисловості країни – наявність потужної чорної металургії, яка характеризується великою матеріало- і енергоємністю, що суттєво впливає на навколишнє середовище. Тому, на поліпшення стану економіки та екології держави суттєво впливає втілення ресурсо- і енергозберігаючих технологій.

Розвиток сталеплавильного виробництва в Україні здійснюється за рахунок виведення з експлуатації мартенівських печей та збільшення частки сталі, що виплавляється в конвертерах і електропечах, що дозволяє заощаджувати на ресурсах, які необхідні для належного протікання процесу, та отримувати за один процес плавки більше вихідного продукту, що є однозначно вигіднішим, чим застарілі технології.

Метою бакалаврського проекту є створення на основі набутих знань, автоматизованої системи киснево-конвертної обробки сталі, проектування її моделі та задання можливості управління параметрами процесу. Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені наступні задачі:

- огляд і аналіз рішень киснево конвертного виготовлення сталі;
- вибір середовища виконання проекту;
- розроблення структурної схеми автоматизованої системи;
- розроблення функціональної схеми автоматизованої системи;
- розробка програми управління;
- розробка автоматизованого робочого місця оператора;
- організація комунікації між елементами системи автоматизації.

Наявне рішення буде актуальним тому що відомих систем автоматизованого управління параметрами киснево-конвертного виготовлення сталі, є мало і готова система, виконана в проекті, буде доволі гнучкою та під лаштованою під налаштування та підключення до різних

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

систем. Також, вона матиме основу для доповнень та більш детального програмування.

Бакалаврський проект складається з наступних розділів: вступ, аналіз предметної області, огляд існуючих рішень, розроблення структурної та функціональної схеми, розробки програмного забезпечення, організацію з'єднання між програмами висновків та висновків.

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Основні відомості киснево-конвертного процесу

Киснево-конвертним процесом називають процес виробництва сталі, в якому чавун та шлак продувається зверху через охолоджувальну фурму. Конвертор зазвичай на вигляд - посудина грушоподібної форми. Верхня його частина називається «шоломом», або ще «козирком». Вона являє собою отвір, через який відбувається зливання рідкого чавуну, сталі та шлаку. Середня частина – це пуста циліндрична оболонка з товстими стінками, в якій і відбувається даний процес. Нижня частина являє собою приставне днище, яке має властивість часто (відносно інших частин) зношуватися і тому, його часто замінюють новим. До днища конвертора приєднують повітряну коробку, яка слугує для поступання стислого повітря під великим тиском.

Сталеплавильним виробництвом називають процес одержання сталі з чавуну і шлаку у спеціальних агрегатах на сталеплавильних заводах. Саме це виробництво є другою ланкою в загальному циклі чорної металургії. На сьогоднішній день, в світовій металургії, основним способами виплавки сталі є: мартенівський спосіб, киснево-конвертерний процес, та електросталеплавильний процес. Співвідношення їх популярності постійно змінюються. Мартенівський використовується все рідше, а киснево-конвертний та електросталеплавильний – частіше. Дані два підходи наразі і борються за першість в своїй ефективності та вигідності.

Процес плавки сталі – це окисний процес, як відомо, адже сталь утворюється тільки за умов окислення, що і видаляє з чавуну такі домішки, як фосфор, кремній, марганець та вуглець. Даний процес був винайдений в Китаї та мав назву «сто очищувань». Матеріал, віддалено схожий на сталь, виходив після багаторазовго продування його повітрям. В наш же час, можливо просто зробити окисну атмосферу в конверторі. Окислення домішок чавуну та відбувається за допомогою кисню, який має властивість

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

утримуватись в оксидах заліза та марганцю. Інші домішки окислюються та виводяться разом із розплавленим шлаком, після чого, отримується м'ягка або тверда сталь, залежно від заданих параметрів протікання процесу.

Киснево-конверторний спосіб є дуже ефективним в порівнянні з мартенівським. Три конвертора на 400 тонн, можуть забезпечити річний обсяг виробництва та виробити приблизно 10 тонн сталі, на що точно не спроможний мартенівський метод.

В Україні для виплавки сталі, до 2008 року, широко використовувались мартенівські технології, які були ефективні майже сто років тому. Витрати палива при цьому, були надзвичайно великими, тоді як весь світ давно перейшов на киснево-конвертерне виплавлення, яке вимагає в шість разів менше енерговитрат на тонну сталі. Але, криза, яка трапилась в 2008 році, заставила таки закрити заводи з таким методом виготовлення, або ж встановити кисневі конвертори для виробництва. Мартенівський спосіб уже просто не міг витримувати конкуренції в цьому плані. Підрахунки фахівців вказують, що впровадження конверторного способу, скоротили витрати газу в національній металургії приблизно на 1,4 мільярда кубометрів. Наразі, Україна входить в десятку країн-виробників сталі, які в сумі, виробляють 75% світової сталі. Ретельний аналіз переваг та недоліків способів виплавки стали в конвертерах з верхньою й нижньою продувкою привів до створення процесу, у якому метал продувається зверху киснем та знизу - киснем у захисній сорочці або аргонем (азотом). Використання конвертера з комбінованою продувкою в порівнянні із продувкою тільки зверху дозволяє підвищити вихід металу, збільшити частку лома, знизити витрати феросплавів, зменшити витрати кисню, підвищити якість сталі за рахунок зниження змісту газів при продувці інертним газом наприкінці операції.

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

1.2 Опис автоматизації киснево-конвертного процесу

Киснево-конвертерний процес є одним з найбільш важливих металургійних об'єктів автоматизації. Удосконалення його управління необхідно для отримання сталі з заданими температурою і складом при максимальній економічності плавки. Однак завдання повної автоматизації на основі досконалої моделі процесу є вкрай складною і вимагає знання закономірностей впливу безлічі факторів: фізико-хімічних, газо-гідродинамічних та інших, до теперішнього часу недостатньо досліджених. Тому автоматичне керування вводиться етапами і обмежується поки головним чином застосуванням статичного методу.

Нові конвертерні цехи обладнують автоматизованою системою управління (АСУ), яка повинна забезпечити управління як окремими технологічними процесами та агрегатами, так і виробництвом цеху в цілому. Складовою частиною такої АСУ є автоматизована система управління технологічним процесом плавки в кисневому конвертері (АСУТП «Плавка»); подібні АСУТП створені в багатьох раніше побудованих цехах. Основні завдання автоматизації киснево-конвертного виготовлення сталі:

- отримати сталь в заданій кількості, температурі та заданому складі;
- отримання необхідної кількості шлаку і з заданим складом.
- забезпечення відповідного видалення фосфору та сірки для цього процесу методом формування в системі певної окисленості.
- забезпечення мінімальної тривалості операції та втрат металу в шлаку, тобто, досягнення максимальної продуктивності.
- мінімальні витрати на процес (все перераховане вище має забезпечуватися при мінімальній витраті кисню, шлакообразующих, вогнетривів (високої стійкості футеровки) і мінімальних витратах робочої сили на обслуговування систем контролю і управління).

Багато труднощів викликає сама організація контролю за автоматизованим виготовленням сталі, а саме:

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

- в певні проміжки часу, швидкість окислення вуглецю може досягати 0,3-0,5% C / хв. Всього на п'ять сотих відсотка, може відрізнятись одна марка вуглецевих сталей від ішої за вмістом карбону. Така кількість, може окислюватися приблизно за 6-10 с. Саме цьому, навіть найменша похибка може призвести до кінцевого одержання сталі не бажаної марки.
- для того, щоб отримати метал саме заданих параметрів (температури, складу), необхідно врахувати кожен деталь таку, як масу чавуну та брухту, їх хімічну складову, температуру і ще цілу низку параметрів, разом із прогнозуванням зміни цих параметрів по ходу плавки.

Отже, з написаного вище, можна дійти висновку, що в процесі створення системи управління, необхідно використовувати тільки такі датчики, які будуть безвідмовно та швидко працювати в достатньо агресивному середовищі, а саме, це мають бути датчики визначення маси чавуну, який заливається в конвертор, датчик маси брухту та інших шлакоутворюючих матеріалів, датчик вимірювання температури і складу газів, які відходять, датчик витрати кисню, що подається для продувки чавуну, і це ще далеко не весь список. Якщо в цеху будуть використовувати однакового складу матеріали, задаватися однаковою температурою чавуну і це буде задовольняти критерії, необхідні для належного проведення плавки, а також встановлені надійні пристрої, які моментально передають точні показники, або зважують матеріал, то, провівши розрахунки кисню, який необхідний для окислення всіх домішок та кількості тепла, яка виділяється при цьому, можна контролювати процес всієї плавки, знаючи тільки кількість витраченого на продувку конвертера кисню (якщо наявна постійна втрата кисню – тоді за часом). Необхідно провести кілька контрольних плавок для уточнення інформації про режим утворення шлаку і встановлення кількості заліза, який переходить в процесі плавки в шлак і видаляється з системи відхідними газами.

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

Концентрація карбону в ванні – є одним із основних параметрів, які контролюються у процесі плавки. Отримання безперервної інформації про кількість окисленого вуглецю являється можливим тоді, коли точно відома маса і склад металеві шихти на початку операції, склад цієї шихти та кількість газів, що відходять.

Весь окиснений у процесі плавки вуглець, видаляється з конвертера у вигляді монооксиду вуглецю (CO) і вуглекислого газу (CO₂). Маючи дані про точну кількість газів, які виділяється та їх складову, можна в будь-який момент плавки знати про концентрацію газів в чавуні. Але складні умови експлуатації датчиків в зоні високих температур, сильного тиску та великої запиленості газів, що відходять плавильної пилом, дані про складову газів та їх кількості, спричиняють недостатньо надійні умови для користування ними для того, щоб визначити момент закінчення продувки.

Під час проектування систем управління, необхідно враховувати, що хімічний склад чавуну та брукхту постійно змінюється і це прихводить до хоч і невеликих, але похибок (тому що зазавичай, наявна інформація про середньостатистичні властивості партії). Під час плавки, також змінюються об'єм для чавуну всередині конвертера, що спричиняє також ланку змін в процесі таких як зміну температури чавуну як і в більшу сторону, адже нагрівання залишається таким же, або меншим, якщо частина конвертера вже зносила та випускає тепло. Також, зношуватися з часом, мають властивість датчики. У зв'язку з цим, системи автоматизованого контролю за процесом плавки, не обходяться без візуального нагляду, відбору проб металу та виміру його температури. Відбір проб та вимірювання температури можливий як умови зупинки конвертера, перед цим припинивши продувку і піднявши фурму, так і без припинення продувки і повалення конвертера.

Фурма є складною спорудою, яка важить загалом 4700 кг, але маса всієї установки, зі всіма приборами переміщення та іншими, становить 57 тонн. На ряді підприємств температуру ванни вимірюють невеликими термopаpами (термopаpами-бомбами) одноразового використання, які вводяться на

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

гнучкому тросі в ванну, вимірюється її температура, після чого, термопари разом з кінцем троса залишаються в ванні. Такий же спосіб використовується для вимірювання активності кисню в металі. В конвертер закидають «бомбу», що містить в собі невелику термопару і прилад для виміру активності кисню (актинометр або кисневий зонд). Прилад передає інформацію про температуру металу і активності в ньому кисню $a_{[O]}$, після чого, згорає. З огляду на зв'язок між $a_{[O]}$ та вмістом в ванні вуглецю, дані виміру $a_{[O]}$ можуть бути використані для орієнтовного уявлення про зміст в металі вуглецю.

Однак, в світі ще не зроблено датчиків, які самі встановлювали б хімічний склад певної речовини. Окрім того, по ходу плавки, автоматично контролюються наступні параметри як: тиск, витрата та загальна кількість кисню, становище фурми над рівнем спокійної ванни, вміст CO , CO_2 і O_2 , тиск, витрата води, яка подається для охолодження фурми та температура води на вході і виході. Різниця температур води на вході і виході може бути використана для непрямого контролю температури в порожнині конвертера. Системи автоматичного управління ходом плавки виконують такі операції:

- отримання інформації про складові матеріалів і проведення розрахунків для одержання сталі бажаної марки.
- розрахунок кількості кисню, який необхідний для окислення домішок і витрати охолоджувачів з шлакоутворювачами.
- визначення моменту введення добавок охолоджувачів а також, шлакоутворювачів.
- регулювання інтенсивності подачі кисню та положення кисневої фурми по ходу плавки.
- автоматичний контроль температури і складу металу в процесі плавки.
- визначення моменту закінчення продувки.

Існуючі АСУТП працюють в статичному або динамічному режимі управління процесом. У першому випадку ЕОМ виконує розрахунки по статичній математичній моделі процесу. Вона побудована на використанні

					1A62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

тільки відомої до початку плавки інформації: в ЕОМ вводять дані про склад і температури чавуну, складі шлакоутворюючих матеріалів, чистоті кисню, стан і температурі футеровки, необхідних складі і температурі стали, основності шлаку та ін. На підставі цих даних за заданою програмі ЕОМ розраховує параметри плавки, які не є функцією часу, - витрата чавуну і сталевого брухту, витрата шлакоутворювачів і кисню, програму зміни витрати кисню і положення фурми, тривалість продувки і момент її закінчення. Однак точність видаваних ЕОМ рекомендацій невелика, так як в реальних умовах хід продувки відрізняється від стандартного, закладеного в математичну модель процесу.

При роботі в динамічному режимі управління ЕОМ виконує розрахунки по динамічній моделі процесу, яка враховує як вихідні дані, так і одержувану по ходу продувки поточну інформацію про параметри процесу (склад і температури металу і ін.). З урахуванням цих додаткових даних ЕОМ виробляє динамічні дії, що управляють, виконання яких забезпечує повну автоматизацію управління ходом плавки. В цьому випадку при наявності надійно працюють при високих температурах датчиків буде забезпечуватися зупинка продувки з точним отриманням заданих вмісту вуглецю в металі і його температури.

Однак проблема створення надійних датчиків для контролю всіх необхідних параметрів конвертерної плавки поки не вирішена. Чи не викликає особливих проблем контроль при низьких температурах безлічі параметрів за допомогою серійно випускаються приладів (контроль маси матеріалів, тиску і витрати води, кисню та інших газів, витрати сипучих матеріалів і ін.). У той же час безперервний контроль параметрів високотемпературної конвертерної ванни, і в першу чергу, складу і температури металу, поки не освоєний, хоча роботи в цьому напрямку ведуться багато років. Основною трудностю при цьому є створення датчиків, здатних тривалий час працювати в умовах руйнівного впливу високотемпературних середовищ - шлакової і газової фаз. Тому

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

запропоновано і випробувано багато непрямих методів контролю, наприклад безперервного визначення вмісту вуглецю за кількістю і складом газів, що відходять, рівню шуму в конвертері, інтенсивності випромінювання конвертерних газів, даними про вібрації конвертера і ін. Однак всі вони не вийшли поки зі стадії промислової відпрацювання.

На даний час найбільш надійним методом зупинки продувки при заданому змісті вуглецю вважають застосування в поєднанні з ЕОМ вимірювальної фурми-зонда, що вводиться в ванну зверху за 2-3 хвилини до закінчення продувки, фурма-зонд подібна продувочній фурмі, на її кінці кріпиться змінний вимірювальний блок, а всередині прокладений кабель, що з'єднує блок з ЕОМ. У змінному керамічному блоці є термopapa для виміру температури металу; забезпечена термopapoю порожнину, куди затікає метал і при його затвердінні по температурі ликвідус визначають зміст вуглецю; порожнину для відбору проби металу, яку аналізують після виведення зонда з конвертера. У момент занурення зонда в ванну дані про зміст вуглецю в металі і його температурі надходять в ЕОМ, що дозволяє точно розрахувати витрати кисню, необхідного для окислення вуглецю до заданого змісту, забезпечуючи зупинку продувки точно при потрібному змісті вуглецю. При підвищеній температурі в конвертер вводять охолоджувачі, при дефіциті тепла вводять теплоносій (наприклад, вугілля, феросиліцій), що дозволяє за решту 2-3 хвилини продувки отримати необхідну перед випуском температуру металу.

1.3 Етапи киснево-конвертного виготовлення сталі

Процес киснево-конвертерного виготовлення сталі, складається з таких етапів:

- 1) завантаження брухту;
- 2) заливання рідкого чавуну та продування ванни киснем;
- 3) утворення шлаку методом засипки сипучих добавок;

					<i>IA62.270BAK.005 ПЗ</i>	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

- 4) контроль температури металу та відбір проб;
- 5) злив металу та шлаку;
- 6) огляд готовності конвертера та підготовка до наступної плавки.

Завантаження металевого брухту. Кількість сталевго брухту має досягати 25% від маси шихти. Метал, як при звичайних сталеплавильних процесах, має задовольняти наступним вимогам: відсутність високого вмісту фосфору, сірки, добавок кольорових металів та іржі, адже видалити ці матеріали в процесі плавки не являється можливим. Тим більше, що присутність фосфору в сталі, робить її доволі крихкою та здатною ломатись. Для видалення присутнього вмісту фосфору, сама обкладка конвертера робиться з суміші окислів кальцію та магнію. Крім того, має бути обмежений максимальний розмір шматків брухту, адже великі бруски можуть не встигати розчинятись в металі за час продувки. Також, під час завантаження, вони можуть пошкодити футеровку конвертера. Для конвертерів ємністю 100-350 т, розмір шматків брухту не повинен бути більше, чим такі габарити: 0,3 x 03 x 10 м, а для пакетів лома не більше чим 0,7 x 1,0 x 2,0 м. Початок завантаження брухту та заливка чавуну в конвертер дозволяється за температури футеровки не нижче, чим 1000 °С, по команді майстра (відповідального за перевірку) конвертеру.

Заливка рідкого чавуну. Основний шихтовий матеріал для киснево-конвертерного цеху - це рідкий чавун. Рідкий чавун потрапляє в конвертер з міксерного відділення або з чавуновізного відділення. В чавуновізний ківші проводяться хімічні процеси окису вуглецю з металу та видалення розчинених в ньому шкідливі газів - водню та азоту.

Утворення шлаку методів засипки сипучих добавок. Сипучі компоненти, що утворюють шлак, завантажують за допомогою автоматизованої системи, яка складається з бункерів для зберігання матеріалів, живильників, ваги лотків, за якими матеріали зсипаються в горловину конвертера. Система забезпечує завантаження сипучих матеріалів без зупинки продувки за програмою, заданої оператором з пульта управління

					1A62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

конвертером. Завантаження добавок в конвертер можна виконувати за такими схемами:

- 1) до заливки чавуну в конвертер 100% завантажують на скрап;
- 2) до заливки чавуну в конвертер 50% іде завантаження під чавун або скрап, залишок дається на протязі продувки;
- 3) режим завалювання - «доведення» в процесі продувки (перша найбільша порцію завантажується на початку продувки, а залишок два-три рази - під час продувки);
- 4) режим «посипання», який представляє собою засипання рівномірними невеликими порціями на протязі продувки. Кількість таких порцій може бути не більшою чим 10 та визначається складом устаткування і кількістю автоматичних ваг-дозаторів тракту подачі сипучих шихтових матеріалів.

У цехах старої структури є можливі до реалізації тільки перші дві схеми. Сипучі матеріали додаються в конвертер у подрібнено мувигляді (20-25 мм).

Контроль температури металу та відбір проб. Для отримання заданого хімічного складу і температури сталі після закінчення продувки, по ходу плавки, бажано вимірювати температуру металу і брати проби металу з шлаком. Для цього, конвертерні печі обладнуються спеціальними термозондами. Ці зонди є невід'ємними елементами обладнання сучасних кисневих конвертерів. Результати вимірювань подаються до моменту випуску попередньої плавки. Конвертор знаходиться в похилому положенні, як і під час операції з завалення металобрухту. Не роблячи великої перерви, в конвертер на скрап заливається рідкий чавун за допомогою заливного крана з чавуновізним ківшом, який пересувається по робочому майданчику вздовж фронту конвертерів. Маса чавуну, що заливається в конвертер, розраховується залежно від заданої марки сталі, маси виливків, кількості охолоджувачів (брухту, окатишів, руди). Завантажений конвертер встановлюється у вертикальне положення. Температура рідкого чавуну, який переробляють у конвертерах на сталь, зазвичай становить 1300-1450°C.

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

Використання чавуну з температурою нижче не бажано, оскільки це призводить до «холодного» початку продувки та уповільнення утворення шлаку. Після того, як чавуну долили, конвертер повертають у вертикальне, робоче положення.

Процес продувки. У порожнину конвертера вводиться фурма та вмикається подача кисню. Перед початком продування, обов'язково перевіряється готовність датчиків, двигунів та іншого обладнання. Особливо це стосується котла-охолоджувача і газоочищення. Багато уваги приділяється роботі тракту для відводу конвертерних газів без догорання СО. Перевіряється робота димососа, газових пальників та пристосування для систем газовідвідного тракту, витрата води. Автоматично вмикається регулятор, виставляється заданий тиск в гирлі кесона охолоджувача конвертерних газів, який становить приблизно 6-10 Па, і забезпечується в відвідних газах 60% СО. За рахунок кисню, яким продувається чавун, відбувається окислення вуглецю, який є зайвим як і кремній, марганець та невелика кількість заліза, причому окислення кремнію і марганцю закінчується в перші 3-4 хвилини продувки. З окислів, які утворилися (за винятком СО), утворюється шлак. Під час продувки, з металу в шлак виділяється фосфор та сірка. Бульбашки СО, що утворюються при окисленні вуглецю, спінюють метал зі шлаком та значно посилюють циркуляцію шлаку і металу, що позитивно впливає на швидкість процесу окислення, дефосфорації, нагріву металу та ін.

Процес плавки. Тривалість плавки в сучасному конвертері складає від 30 до 45 хвилин, з яких:

- завалка брухту та заливка чавуну – 5-10 хвилин;
- продувка киснем – 12-17 хвилин;
- відбір проб та заміри температури – 5-6 хвилин;
- злив металу та шлаку, огляд і ремонт футерування – 8-12 хвилин.

					1А62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 — Основні величини, які контролюються в конвертері

Величина	Межі виміру
Положення корпусу конвертера	0-360°
Положення кисневої фурми	2 м над рівнем спокійного металу
Витрата кисню	Залежить від ємкості конвертера (для 160т - витрата 400м ³ /хв)
Витрата охолоджуючої води	Залежить від ємкості конвертера (для 160т - витрата 180м ³ /год)
Надлишковий тиск кисню	1,5 МПа
Надлишковий тиск води	1,2 МПа
Температура охолоджувальної води	20-60°C
Температура металу	до 1700
Окриленість шлаку	FeO=12%
Аналіз конвертерних газів	CO до 74%; CO ₂ до 20%; O ₂ до 5%; H ₂ до 1%
Розрідження в кесоні	30 Па
Час продувки	12-17 хвилин(для сучасних конвертерів)

Злив металу і шлаку. Після того, як розплавлений метал набуває заданого хімічного складу, густини і температури, продувка припиняється, фурма піднімається і конвертер нахиляється для зливу цього металу. Вилив сталі з конвертора, виконується через сталевипускний отвір (летку), за командою оператора з головного посту керування або з допоміжного посту на робочому майданчику. Після закінчення зливу сталі конвертер

нахиляється в протилежну сторону для виливу рідкого шлаку, який зливається в шлаковий ківш через горловину конвертера.

1.4 Висновки до розділу

Отже, при аналізі предметної області, було визначено, що киснево-конвертерний процес, на сьогоднішній день, є досить ефективним методом виготовлення сталі, який до цього, є економічніший, чим застарілий мартенівський, який уже давно був виведений з обігу в Україні. Оскільки, країна розвинена в плані сфери металургії та є одним із провідних виробників сталі, то тримання планки сучасності виробництва та слідування градації автоматизації, є дуже важливим на даний час, що свідчить про те, що дана тема є актуальною. З кожним днем, покращується технологія, ускладнюється програмна складова в виробництві, яке раніше виконувалось тільки грубою силою. В даному пункті, було освоєно сам процес киснево-конвертного виготовлення сталі, його аспекти та складність, що однозначно допоможе в плануванні розробки програмного забезпечення.

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

2.1 Відомі технології

На сьогоднішній день, інформація по єдиному програмному забезпеченні системи з управління конвертерної плавкою не представлена в літературних джерелах. Відсутність даної інформації пояснюється з одного боку складністю подібних розробок на увазі нестационарності технологічного процесу плавки, а з іншого боку відсутністю аналогів такого продукту і чинником комерційної таємниці.

Разом з цим досить широко впроваджується програмне забезпечення для роботи з окремими підсистемами конвертерної плавки.

Сучасні автоматизовані системи управління є ієрархічними системами, що мають 2-3 і більше рівнів. На нижньому рівні, знаходяться первинні перетворювачі, модулі віддаленого вводу-виводу, місцеві прилади та виконавчі механізми з регулюючими органами. Середній рівень складається з програмованих логічних контролерів. На верхньому рівні розташовуються промислові чи персональні комп'ютери та панелі оператора.

Для зв'язку верхнього рівня із середнім, крім Р2Р з'єднання, може ще створюватися локальна промислова мережа. З'єднання "точка-точка" (Р2Р), застосовується тільки в з'єднанні в простих випадках, наприклад з'єднання одного програмованого контролера з комп'ютером.

Для відображення інформації про стан системи управління приводами в приміщенні машинного залу передбачено автоматизоване робоче місце (АРМ) електрика, обладнане SCADA-системою Monitor Pro, що дозволяє архівувати інформацію про стан електроприводів з можливістю подальшого перегляду архівів. Для оповіщення оператора конвертера про нештатні ситуації, а також видачі інформації про поточні значення параметрів приводів, кутах повороту конвертера і місцях знаходження фурм, на пульті ГПУ передбачений графічний термінал (панель оператора Magelis). зв'язок між контролерну комплектом системи управління і терміналами електрика і

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

оператора здійснена за відмовостійкої промислової мережі через порти RS-485 по протоколу Modbus +. На конвертерах № 1-3 БАТ «Северсталь» введені в експлуатацію вимірювальні зонди, які здійснюють багаторазові виміри температури, окислення, вмісту вуглецю, рівня ванни і відбір проб металу. Заміри і відбір проб виробляються під час продувки плавки без повалення конвертера в якості SCADA-пакета для розробки програмного забезпечення даної системи був обраний пакет InTouch версії 7.1 (Wonderware).

В умовах киснево-конвертерного цеху ПАТ «Єнакіївський металургійний завод »на конвертері № 2 введена в експлуатацію автоматизована система управління технологічним процесом «Мокрою» газоочистки реконструйованого газовідвідного тракту, яка також обладнана автоматизованим робочим місцем оператора з відповідним програмним забезпеченням. Програмне забезпечення операторського АРМ виконано за допомогою програмного продукту SIMANTIC WinCC V7.0 SP2.

2.2 АСУТП «Плавка» - «Сталь»

Наразі є відомою тільки одна автоматизована система, яка стала відомою і влаштована на підприємстві, яке вирішило не публікувати свою назву – це АСУТП «Плавка» - «Сталь»

Програмно-апаратний комплекс успішно впроваджений в конвертерному цеху одного з найбільших підприємств з виробництва сталі в світі. Точність виведення плавки на задані параметри за хімічним складом і температурі в кінці плавки виробляється шляхом алгоритмічної обробки великого числа параметричних даних виробництва (значеннях поточних параметрів під час плавки).

АСУТП «Плавка» - «Сталь» має 3 режими роботи:

- Рекомендаційний режим (без включення режимів «управління механізмами»). Машиніст задає всі необхідні параметри на плавку.

					1А62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

Модель виробляє попередні розрахунки на плавку, розрахунки - температури, сипучих матеріалів (якщо Шихтовка гаряча, то кількість охолоджувачів). Чи не перемикаючи механізми конвертера в режим КОМ, тобто машиніст веде плавку вручну, модель веде розрахунок основних показників по ходу продувки, видає рекомендації.

- Напіваавтоматичний режим (включення режимів «управління механізмами»). Машиніст задає всі необхідні параметри на плавку. Машиніст приймає самостійне рішення підтвердження розрахунків моделі (сипучі на плавку) або веде продування згідно процесно-технологічної діаграми, вводячи коригування. Для початку продувки (конвертер в вертикалі) переводить режими управління механізмами кисневого тракту і вертикального тракту подачі сипучих в режим «КОМ». По ходу продувки система видає рекомендації у вигляді діалогових вікон з прийняттям подальших дій, після натискання відповідних кнопок.
- Повнофункціональний автоматичний режим: В автоматичному режимі управління процесом плавки проводиться централізований контроль за ходом технологічного процесу з сигналізацією і реєстрацією відхилень від заданих параметрів. Управління металургійним процесом (розрахунок оптимального складу шихти, з планованих завдань, управління завантаженням печі, розрахунок кисню, легуючих і шлакообразуючих, що забезпечують отримання металу заданої якості і економію матеріалів). Управління допоміжними операціями з відбору проб, заміру температури металу та ін. Збір і обробка інформації з видачею необхідної документації.

Технології, які застосовувались в ході розробки програмного комплексу: WPF + PRISM, WCF, ADO.NET, LINQ, NHibernate.

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

2.3 Висновки до розділу

Огляд існуючих рішень дав зрозуміти, що не дивлячись на те, що Україна є однією із провідних країн-виробників сталі в світі, але інформації, щодо вітчизняних та іноземних технологій та методів організації автоматизованих систем управління киснево-конвертний виготовленням сталі, є дуже мало по причині складності реалізації та комерційної таємниці фірм, причому засобами вибирається доволі широкий спектр програм, що дає подвійну свободу в будь-яких розробках в цій сфері.

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМ

3.1 Розроблення схеми структурної

При проектуванні будь-якої автоматизованої системи, потрібно спершу визначитись з методами її реалізації, як вони будуть взаємодіяти між собою та за допомогою чого, буде встановлений у них зв'язок. Результат вибору представляється у вигляді структурної схеми.

Готова структурна схема представлена в додатку ІА62.270БАК.005 Э1. В її склад входить як основа – програма управління, яка за допомогою протоколу модбас, віддає сигнали двигунам переміщення конвертора та фурми в робоче положення (вертикальне для конвертора і опущене в конвертор для фурми) та в положення спокою (під нахилом для можливості виливу сталі для конвертора та підняте для фурми). Також віддається команда двигуну відкриття засліки, яка в закритому вигляді не пропускає розплавлений чавун витікати в конвертор та двигуна, який автоматично відкриває клапан дл подачі кисню під високим тиском. Разом з тим, приймаються значення і сигнали від датчика нижнього рівня, який фіксує навантаження всередині конвертора, даючи цим знати, чи є щось в ньому, сигнал від датчика температури, який фіксує реальну температуру чавуну всередині конвертера. Ще буде поступати сигнал з датчика, який вимірює температуру охолоджуючої води. Також, будуть поступати числа з датчику втрати кисню і води, концентрації кисню в фурмі, концентрацію чавуну (густину), який дозволить оприділяти, чи достатньо він окислився і тим самим, перетворився в сталь. Датчик тиску, буде показувати поточний тиск, під яким кисень поступає в фурму для забезпечення належного протікання процесу та більшого контролю за ним. Сама же програма управління, передає всю інформацію на АРМО, через ОРС сервер, що виводить всю інформацію про стан датчиків та двигунів оператору. Від АРМО, тим самим шляхом, передаються змінені значення температури нагріву в програму управління,

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

яка передає ці значення уже в сам нагрівач, а також команда запуску процесу, яка активує код в програмі управління

3.2 Розроблення схеми функціональної

Для покращення розуміння протікання процесу, та подальших дій з очки зору автоматизації, було вирішено створити функціональну схему автоматизації. Це необхідно для візуального поняття протікання процесу завантаження матеріалів, їх нагрівання та плавки, а саме для розташування всіх датчиків виміру параметрів температури, кисню, води та повороту фурми в автоматизованій системі, а також для того, щоб в подальшому, правильно автоматизувати процеси в правильному порядку.

Починається все з перевірки цілісності елементів та підготовки їх до роботи. Перевіливши справність двигунів та датчиків, запускається система. Конвертер приводиться в робоче положення та рухається до місця, в якому буде виливатися рідкий чавун, який є основним шихтовим матеріалом для киснево-конвертного процесу. Рідкий чавун потрапляє в конвертер з міксерного відділення або з чавуновізного відділення, коли заслінка відкривається, яка і реагує на команду запинки двигуна переміщення конвертора. На цей час, конвертор знаходиться в похилому положенні. Не роблячи великої перерви, в конвертер на скрап заливають рідкий чавун за допомогою заливного крана з чавуновізним ківшом. Кількість чавуну, що заливається в конвертер, розраховують за часом, обрахувавши такі параметри, як температуру чавуну та речовини, які містяться в складі цього чавуну. Далі, за допомогою двигунів (GE), завантажений конвертер встановлюють у вертикальне положення. Температура рідкого чавуну, який перероблюють у конвертерах на сталь, зазвичай становить 1300-1450°C

Після цього здійснюється продувка конвертера. У порожнину конвертера, за допомогою двигуна (M1_1), вводиться фурма і вмикають подачу кисню через клапан (A). Автоматично включається регулятор,

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

виставляється заданий тиск в гирлі кесона охолоджувача конвертерних газів, що дорівнює 6-10 Па, і забезпечується в відводних газах 60% CO. За рахунок кисню, яким продувають чавун, окислюється надлишковий вуглець, а також кремній, марганець і невелика кількість заліза, причому окислення кремнію і марганцю закінчується в перші 3-4 хвилини продувки. На протязі всього процесу, працюють датчики температури охолоджуючої води, яка подається (TE1) і відводиться (TE3), датчик нижнього рівня чавуну (LS), датчик температури кисню (TE2), датчик витрати води (FE1) та кисню (FE2), датчик тиску кисню (PE1), датчики концентрації кисню (QE1) та чавуну (QE2).

Після закінчення продувки, вмикатиметься двигун, який піднімає фурму, разом із двигуном повороту фурми (GE1). Коли фурма підійметься, вмикається двигун руху конвертора для зливання сталі. Після зливання, конвертор повертається в початкове положення. У програмі управління, скидуються всі параметри, які могли досягти від'ємних значень та встановлюється затримка перед новим процесом для аналізу цілісності системи керування.

На зображення функціональної схеми, також будуть зображені всі датчики, які будуть використані в проекті та позначені відповідним номером, тлумачення якого можна буде знайти в списку справа. Функціональна схема знаходиться в додатку ІА62.270БАК.005 Э2.

3.3 Рекомендовані технічні засоби автоматизації

Оскільки акцент дипломної роботи був зроблений саме на моделюванні об'єкту та його периферії, який зображений в наступному розділі, то докладний огляд та вибір технічних засобів автоматизації не був виконаний і в проекті буде наводитись лише рекомендований перелік обладнання.

Для керування всіма контурами регулювання, пропонується використовувати модульний контролер Phoenix Contact ILCC191 DTX 215. Даний контролер і був зображений в програмі керування. Його властивості:

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

- Наявність Float Point Unit (FPU) - співпроцесора для розширення системи команд центрального процесора комп'ютера командами для здійснення операцій над числами з рухомою комою, тобто, числами, в яких значення зберігаються у формі мантиси та показника степеня;
- Наявність 14 входів і 4 виходи;
- Наявність 1024 кбайт пам'яті для зберігання даних;
- Підтримка численних протоколів як http, https, FTP, SNMP, SMTP, SQL, MySQL, DCP тощо;
- Наявність Modbus/TCP-клієнт;
- Можливість зв'язку з іншими пристроями через вбудований інтерфейс RS485/RS232;
- Наявність серверу Modbus/ TCP;
- Підтримка мови HTML 5;
- Наявність інтегрованого Web-серверу для Візуалізації за допомогою WebVisit/atwise;
- Наявність повноцінного ведучого пристрою INTERBUS (4096 точок вводу-виводу);
- Наявність SD-карти на 2 ГБ в якості опціональної пам'яті для зберігання параметрів;
- Присутність вбудованого комутатора.

В ролі датчиків виміру витрати води і кисню, буде рекомендовано використовувати вихровий витратомір Yokogawa DY 150, (для кисню вибухозахищена версія), який використовується для вимірювання витрати води і кисню. Він поєднує в собі польовий перевірений датчик і складання корпусу, який використовується в більш ніж 400000 одиницях, встановлених по всьому світу з унікальним і потужним поєднанням цифрової технології, яка включає в себе спектральну обробку сигналу (SSP), В Yokogawa інновацій. Вихровий витратомір є точним і стабільним, навіть в суворих виробничих умовах та здатен функціонувати за температури від -196°C до 450 °C

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

В якості датчика надлишкового тиску, рекомендується Yokogawa EJX 430A із дисплеєм, який призначений для вимірювання надлишкового тиску різних середовищ: рідини, газу та пара(клас точності - 0,049). Його максимальний робочий тиск становить 16мПА, час відгуку 90 мсек, здатен витримувати темпетаруру від -40 °С до 120 °С. Елементи з нержавіючої сталі, дозволяють працювати у відносно вологому середовищі.

Термометр опору ТС-1088/8 призначені для вимірювання температури різних середовищ. Термометри опору використовуються для роботи з рідкими, твердими і газоподібними середовищами. Використання термометрів опору допускається для контролю сипучих середовищ, неагресивних, а також агресивних, по відношенню до яких матеріали, що контактують з вимірюваним середовищем, є корозійностійкими до матеріалу, з якого виготовлений корпус приладу.

Термомагнітний геоаналізатор ГТМК18 з перетворювачем ПП-16. Призначений для безперервного вимірювання об'ємної частки кисню або оксиду азоту в двокомпонентних газових сумішах, а також для вимірювання кисню в газах.

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Алгоритм програми управління

Алгоритм програми управління складається з одинадцяти етапів. Спочатку, перевіряється цілісність програми, її готовність до виконання завдання, після чого, відкривається заслінка та висипається задана кількість чавуну за допомогою заливального крану з чавуновозним ковшем. Також, діє датчик температури чавуну, який контролює, щоб його температура була не нижчою, чим 1000 °С. Коли його набереться достатньо – заслінка закривається і вмикаються двигуни, які переміщують фурму в вертикальне положення. Під час цього, система постійно запитує, чи досягнуто кінцеве положення фурми (вертикальне). Якщо ні – то вона рухає фурму далі не вмикаючи двигуни, до досягнення цілі. Двигун переміщення фурми вмикається, коли на запит наявності кінцевого положення, приходить позитивна відповідь від датчика. Після вимкнення двигуна, вмикається подача кисню та охолодження і датчик, який контролює густину чавуну. Під час цього, система збирає дані з датчика густини речовини в конверторі, постійно надаючи запит, чи досягнула густина необхідного значення (тобто, чи перетворився чавун в сталь) . Якщо ні – охолодження та продувка продовжується. Якщо необхідна густина досягнула – подача кисню та води припиняється. Даний процес всього займає до 17 хвилин. Після цього, починається перевірка проб утвореної сталі і вмикається двигун осьового повороту конвертора, який нахиляє сам конвертер для виливу сталі через сталевипускний отвір. Коли замір об'єму конвертора буде менший чи рівний нулю, двигуни повертають його в початкове положення для початку процесу заново. Описану схему алгоритму програми управління, можна розглянути в додатку ІА62.270БАК.005 Д1.

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

4.2 Розробка керуючої програми контролера

Програму управління було вирішено створити в програмному середовищі CODESYS. Особливість даного програмного середовища полягає в тому, що для програмування є доступні всі п'ять визначених міжнародним стандартом IEC 61131-3 мов програмування. У основі програми, буде функціонувати віртуальний регулятор «CODESYS Control Win V3», на який будуть поступати дані з програми та оброблятися в ньому, для подальшої їх передачі. Також, був створений двохфазний контролер в програмному коді, який при збільшенні температури повітря, припиняє його подачу, закриваючи клапан.

Таблиця 4.1 — Таблиця змінних

Змінна	Тип	Значення
valve_A	BOOL	Клапан для подачі кисню
Z	BOOL	Заслінка для подачі рідкого чавуну
M1_1	BOOL	Двигун переміщення фурми за год. стрілкою
M1_2	BOOL	Двигун переміщення фурми проти год стрілки
M2_1	BOOL	Двигун переміщення конвертора за год. стрілкою
M2_2	BOOL	Двигун переміщення конвертора проти год.

		стрілки
LS	BOOL	Датчик нижнього рівня
TE1	REAL	Датчики температури води
TE2	REAL	Датчик температури кисню
TE3	REAL	Датчики температури води, що відводиться з системи
TE4	REAL	Датчик температури чавуну
FE1	REAL	Датчик витрати води
FE2	REAL	Датчик витрати кисню
PE1	REAL	Датчик надлишкового тиску кисню
QE1	REAL	Датчик концентрації кисню
QE2	REAL	Датчик концентрації чавуну
GE1	REAL	Двигун повороту фурми
GE2	REAL	Двигун повороту конвертора

Етапи розробки програми управління:

1. Створено блок «Main.fb», який буде задавати параметри в підлеглі етапи. В ньому, була запрограмована ініціація всіх змінних у проекті та вказані їх типи. В програмі, змінні використовують тільки два вида даних: Bool для передачі сигналу «True» або «False» і Real – 6-бітний символ для передання цифрових значень.

2. Створивши змінні, необхідно їх встановити в початкове положення. Умовні нулі, до яких буде зводитися всі значення перед початком нового процесу. За дану функцію, відповідає дія «Init_active»

3. В додатку REG(FB), було створено двохфазний регулятор. Якщо температура (T) в системі перевищує задану в коді TE4 – то клапан подачі кисню перекривається.

4. Створено дію «REG_active», в якій і відбувається виклик даного регулятора.

5. Створено перехід «STRT», який відповідає за початок процесу. Встановлена затримка слугує для того, щоб була певна перерва між процесом, який скінчився та новим.

6. Створено дію «Step0_active». В ньому запрограмована активація двигуна переміщення фурми в позицію для наливання чавуну, тобто зміна значення параметра «M2_1» на «TRUE».

7. Створено перехід «Trans0». В даному переході задається кут нахилу конвертора для переведення його в положення для набору чавуну. В даному проекті, кут повороту встановлений на 60°

8. Створено дію «Step1_active», яка відповідає за зупинку двигуна переміщення конвертора (M2_1 = FALSE), та активацію заслінки чавуновізного ковша(змінна «Z» вказується як «TRUE»), який пускає в конвертор розплавлений рідкий чавун.

9. Далі був створений перехід «Trans1», в якому задається час, на протязі якого, буде встановлене значення «TRUE» у заслінки, тобто час, який був вказаний (у проекті – 10 секунд), буде виливатись чавун.

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

10. Створено дію «Step2_active», яка відповідає за задання параметру «FALSE» заслінці (Z), тим самим закриваючи її та припиняючи подачу чавуну. Після цього, проводиться активація двигуна повороту конвертора проти годинникової стрілки (M2_2 = TRUE) для переведення конвертора з чавуном всередині в положення для опускання фурми.

11. Створено перехід «Trans2», який відповідає за переведення конвертора в вертикальне положення для подачі фурми, але вже за допомогою двигуна кута повороту (GE2).

12. Створено дію «Step3_active», яка відповідає за зупинку двигуна перереміщення конвертора (M2_2 = FALSE) під фурмою.

13. Створено перехід «Trans3», в якому зазначається час переміщення конвертора проти годинникової стрілки та затримку перед опусканням фурми.

14. Створено дію «Step4_active», яка вмикає двигун переміщення фурми (M1_1 = TRUE), яка «за годинниковою стрілкою», опускається в конвертор.

15. Створено перехід «Trans4», в якому вказане значення зміни кута повороту фурми для того, щоб виконувалась умова переміщення і двигун не рухався безкінечно вниз.

16. Створено дію «Step5_active», в якому по досягненню умови переходу «Trans4», припиняє рух двигун переміщення фурми (M1_1).

17. Створено перехід «Trans5», в якому встановлюється затримка перед подачею кисню. В програмі, цей час рівний 5 секундам.

18. Створено дію «Step6_active», який відповідає за зміну параметра кисневого клапана «Valve_A» на «TRUE», що і буде початком продувки киснем.

19. Створено перехід «Trans6», у якому був зазначений час продувки киснем, тобто час активованого кисневого клапана.

20. Створено дію «Step7_active», де прописано закриття клапану «Valve_A», та активацію двигуна фурми (M1_2 = TRUE) для її підйому.

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Створено «Trans7», де вказане значення кута повороту фурми (GE1). Саме значення було вказане для того, щоб виконувалась умова припинення роботи двигуна.

22. Створено «Step8_active», у якому подається сигнал припинення підйому фурми (M1_2 = FALSE) та сигнал активації двигуну конвертора за годинниковою стрілкою (M2_1 = TRUE).

23. Створено «Trans8», де прописане значення кута повороту конвертора (GE2), яке функціонує для віддання команди на вилив сталі.

24. Створено «Step9_active», де віддається сигнал припинення роботи двигуна конвертора.

25. Створено «Trans9», у якому віддається команда датчику нижнього рівня загорітися, що свідчить про те, що конвертер пустий.

26. Створено «Step10_active», у якому активується двигун переміщення конвертора (ME2_2) у початкове положення.

27. Створено «Trans 10», який задає кут повороту конвертора в вертикальне положення.

Повна структура програми управління має вигляд:

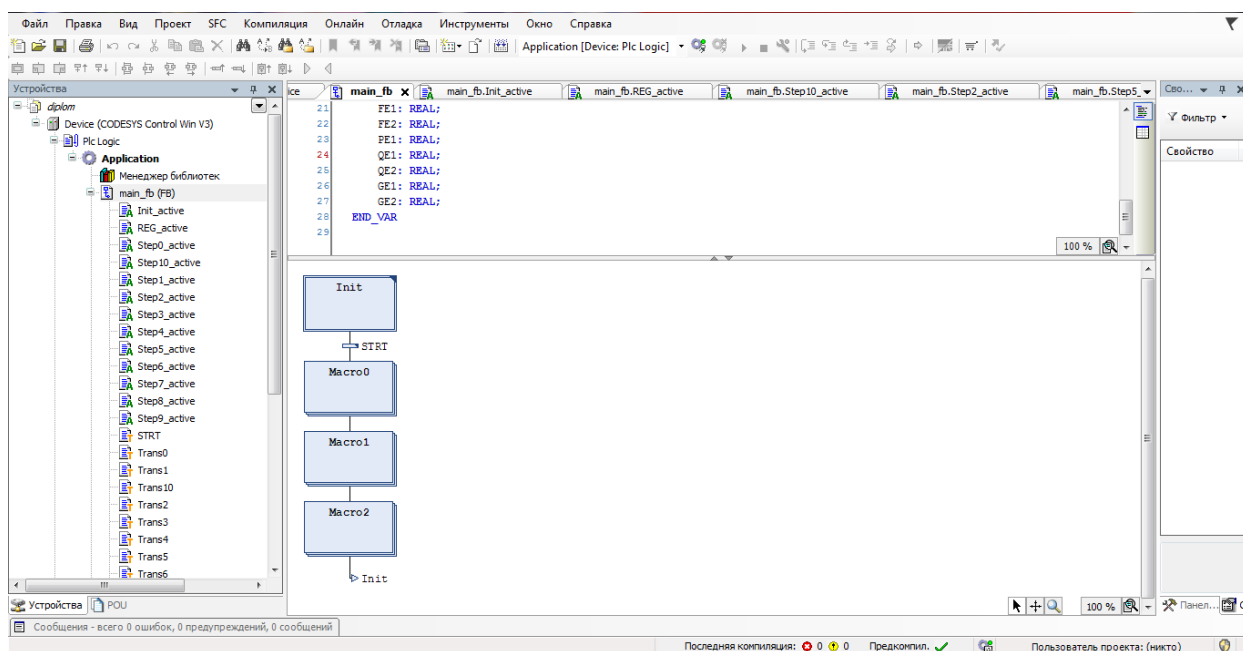


Рисунок 4.2.1 — Представлення структури програми управління

Готовий код програми, знаходиться в додатку Б.

4.3 Розробка моделі об'єкта автоматизації

Очевидно, що для виконання бакалаврської роботи, придбати обладнання, датчики та сам конвертер з фурмою не являється можливим. Саме тому, постало питання в симуляції цієї системи, яку потрібно автоматизувати. Для цього, досить просто створити її програмну модель, яка буде функціонувати як реальна АСУ та генерувати показники з датчиків. Реалізувати це можна, спираючись на знання, набуті в процесі навчання в університеті. Для реалізації цього завдання, як середовище розробки, була взята програма «Visual studio» для кращого представлення. Сам програмний код, можливо створити в будь-якому текстовому редакторі (наприклад, «блокнот»). Але, з ціллю його кращого представлення, була взята саме ця програма. Готовий програмний код з поясненнями та коментарями, знаходиться в додатку А.

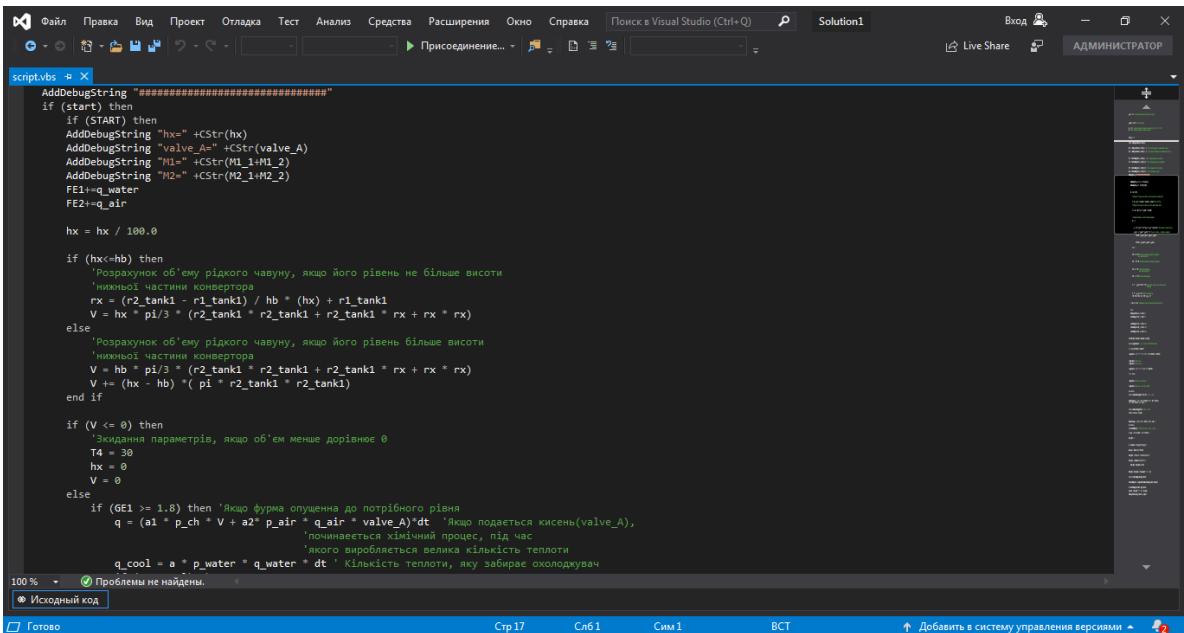


Рисунок 4.3.1 — Представлення коду з готовими коментарями та поясненнями в середовищі Visual Studio

4.4 Розробка автоматизованого робочого місця оператора

Користуючись наявною функціональною схемою, було створено її мнемосхему в середовищі TRACE MODE. Готова мнемосхема і буде являтися автоматизованим робочим місцем оператора, де буде відбуватися спостереження за всіма параметрами АСУ, вказаними в проекті, а також проводиться контроль за належним протіканням процесу.

TRACE MODE — це програмний комплекс класу SCADA HMI. Призначений для розробки програмного забезпечення АСУТП, автоматизації будівель, систем телемеханіки та обліку електроенергії, води, газу, тепла, а також для забезпечення в реальному часі їх функціонування. Пізніше (з версії 4.20.0), TRACE MODE набув функції програмування промислових контролерів.

Програмний складається з інструментальної системи та набору виконавчих модулів (Runtime). У Інструментальній системі іде створення набору файлів, який називається «проектом TRACE MODE». За допомогою виконавчих модулів TRACE MODE проект АСУ запускається на виконання в реальному часі на робочому місці оператора.

Особливістю TRACE MODE є «технологія єдиної лінії програмування», тобто надання можливості розробки усіх модулів АСУ за допомогою всього одного інструмента. Технологія єдиної лінії програмування дозволяє в рамках одного проекту, створити засоби людино-машинного інтерфейсу, системи обліку ресурсів, програмувати промислові контролери та розробляти web-інтерфейс. Складання автоматизованого робочого місця оператора було розділено на такі етапи:

1. Створення головного екрану АРМО. Налаштування візуальних елементів датчиків та приладів, які використовуються в проекті. Автоматизоване робоче місце матиме функції управління температурою нагріву чавуну, яку можна буде задати повзунком, а також кнопку включення системи. Датчик ввімкнення передаватиметься в програму управління

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

параметром Bool і при ввімкненні самому буде передаватися параметр True, який і буде активувати цикл в програмі управління. Також, кольором буде виділятися діючі клапани та активні датчики. На екран буде виводитись і виділятися кольором, активні на даний момент прилади такі як: активний клапан для подачі кисню, цифрове відображення датчиків густини чавуну, значення яких буде більшуватись від 7.0 (густина чавуну) до 7.8 (густина сталі). Також будуть працювати витратоміри для відображення значень витрат води та кисню. Датчик нижнього рівня, являтиме собою індикатор, який при пустому кисневому конверторі буде світитись.

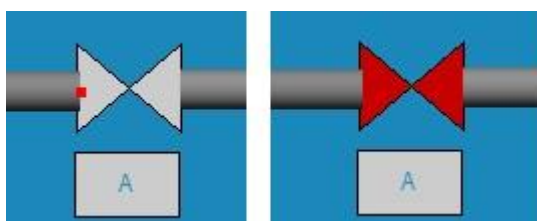


Рисунок 4.4.1 — Відображення неактивного клапана подачі кисню (зліва) і активного, але не увімкненого (справа)

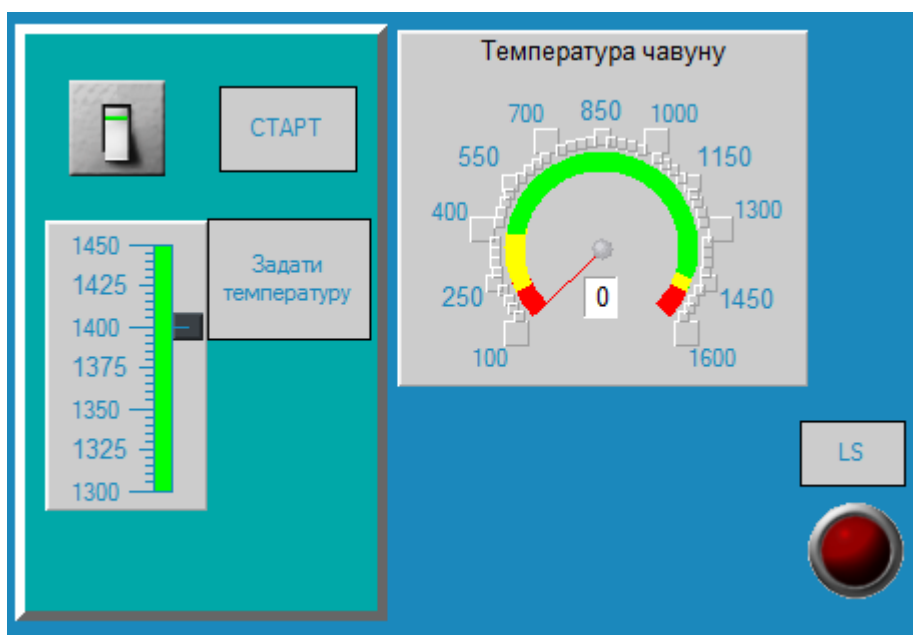


Рисунок 4.4.2 — Зображення кнопки включення системи, повзунка задання температури, показника температури чавуну в ковші та індикатор нижнього рівня (LS)

2. Створення прив'язок значень каналів, позначення чисел та розмірностей, які необхідно відобразити на елементі цього екрану. Оскільки в автоматизоване робоче місце оператора, має поступати сигнал зміни значень датчиків, то потрібно налаштувати їх з'єднання. Для цього, в середовищі Tracemod, у вкладці «Источники/Приемники», було створено джерело «OPC_Server», в якому і були організовані підключення і назначено кожному елементу шлях до серверу, свій унікальний ідентифікатор та режим.

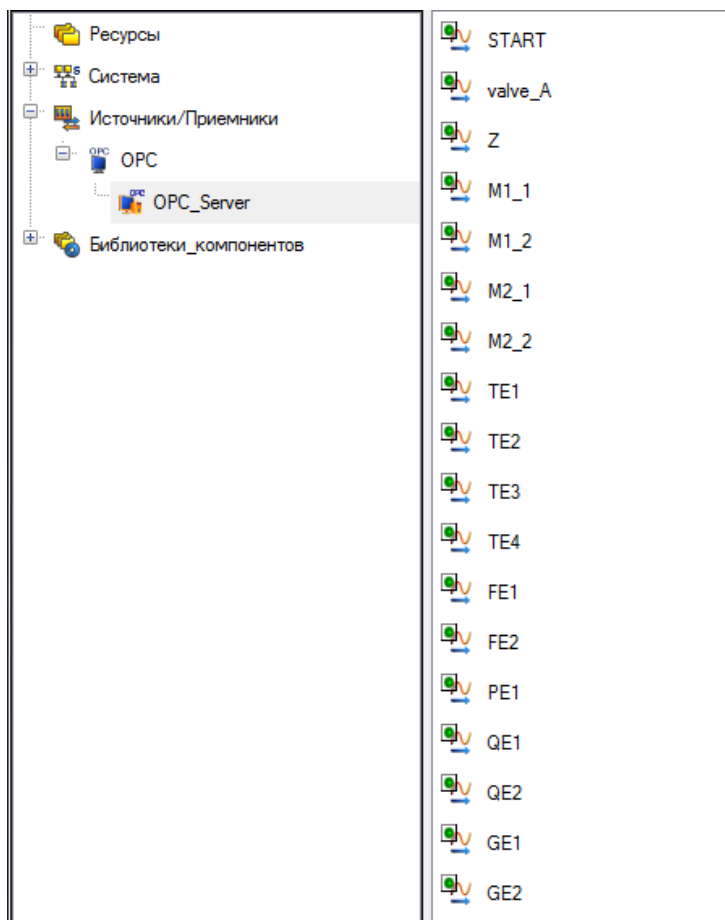


Рисунок 4.4.3 — Відображення списку елементів

Основные		
Имя	START	Справка
Кодировка	TW0	
Комментарий		
Параметры		
Сервер	Кerware.KEPServerEX.V6	Обзор
CLSID	{7BC0CC8E-482C-47CA-ABDC-0FE7F9C6E729}	
Идентификатор	MODBUS.MODBUS_DEVICE.START	
Режим	SYNC/CACHE ▼	
Направление	Output ▼	
Формат	Дискрет ▼	

Рисунок 4.4.4 — Приклад налаштування елемента

Розглянути повну АРМО можливо в додатку ІА62.270БАК.005 Д2.

5 КОМУНІКАЦІЯ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМИ

5.1 З'єднання моделі об'єкта автоматизації з керуючим контролером

Встановлення з'єднання між керуючим контролером та моделлю автоматизації, буде через протокол Modbus, на основі набутих знань за навчальний процес в університеті.

Modbus - це комунікаційний протокол, який функціонує за технологією «master-slave». В основному, застосовується для організації зв'язку між електронними пристроями в промислових цілях. Детальна інформація про даний протокол, знаходиться за посиланням <http://www.modbus.org/>

При програмуванні, ми зображуємо систему та організовуємо переправку програмного коду через протокол Modbus в середовище «ModRSSim», для генерації набуваючих значень показників таких як вода, кисень та чавун зі сталлю. Ці величини будуть «наростати» в програмі та «витікати» і це можна буде бачити в вікні програми.

Порядок організації з'єднання:

1. Встановити програму для створення віртуальних COM-портів та додати 2 порти з назвами "COM1" та "COM2".

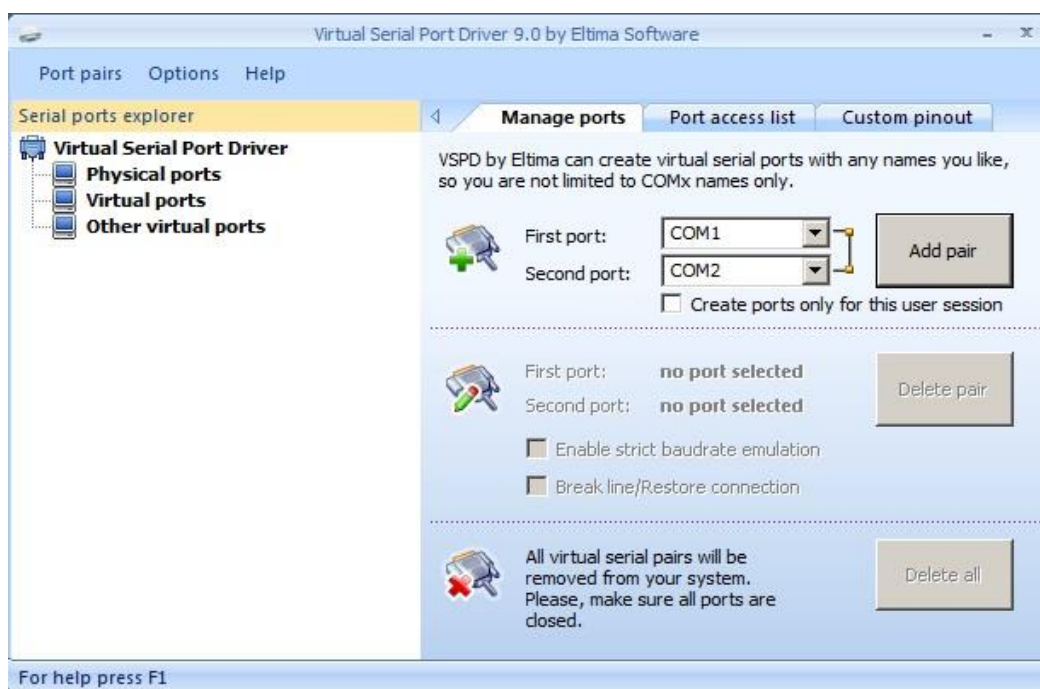


Рисунок 5.1.1 — Створення віртуальних COM-портів

					ІА62.270БАК.005 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докцм.	Підпис	Дата		

Для перевірки, чи були створені порти, достатньо натиснути на спойлер «Virtual ports»:

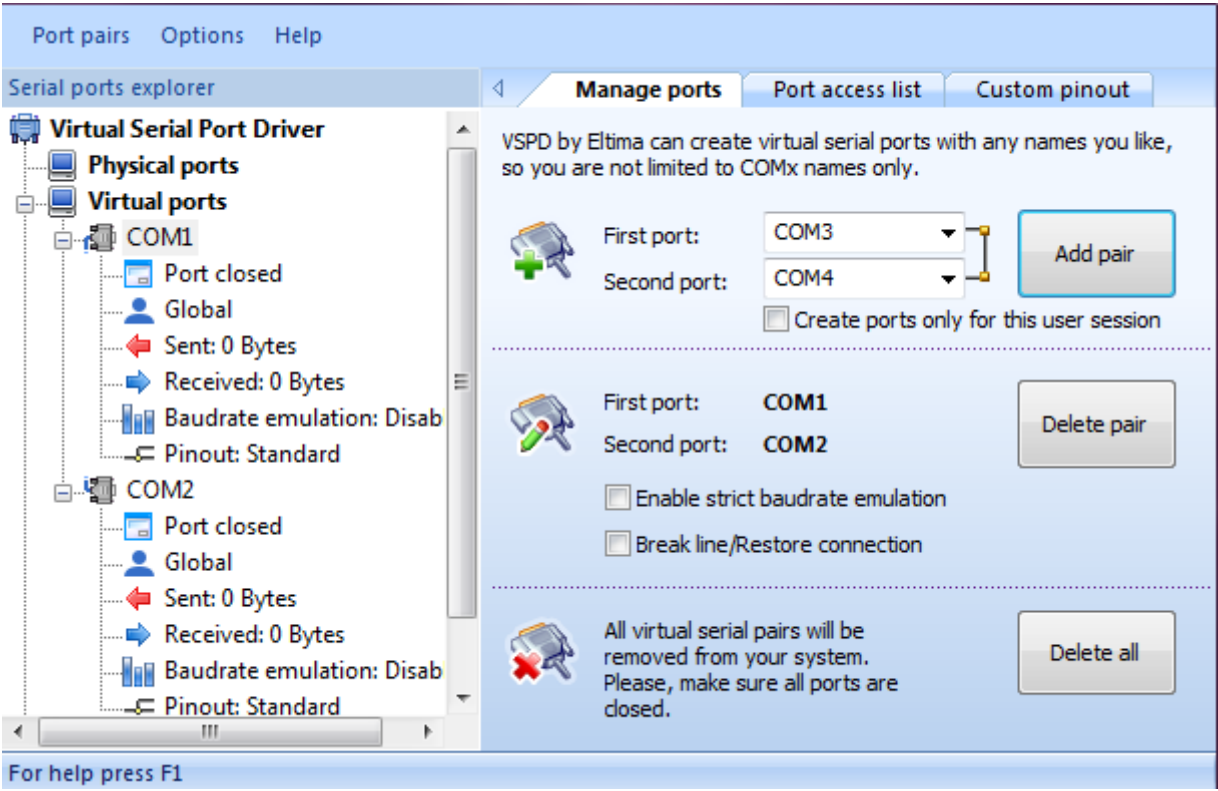


Рисунок 5.1.2 — Відображення активних COM-портів

2. Додати до проекту новий пристрій "Modbus_COM", та потрібні для роботи "Modbus_Master_COM_port" і "Modbus_Slave_COM_port":

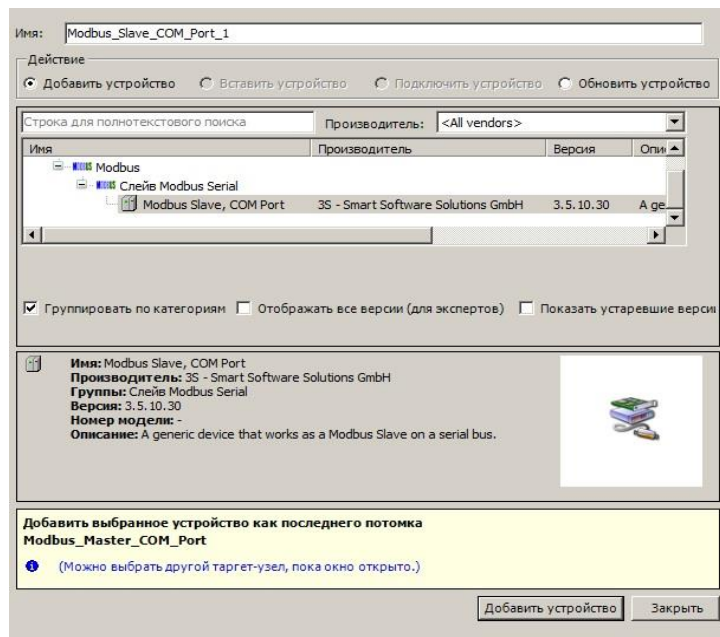


Рисунок 5.1.3 — Вікно пристроїв

Структура проекту матиме наступний вигляд:

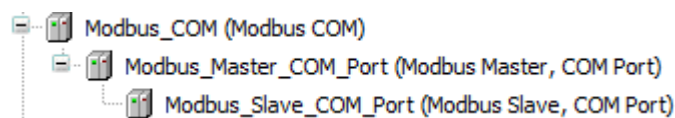


Рисунок 5.1.4 — Доданий пристрій MODBUS в структурі проекту

3. Налаштувати COM-порт в CoDeSys:

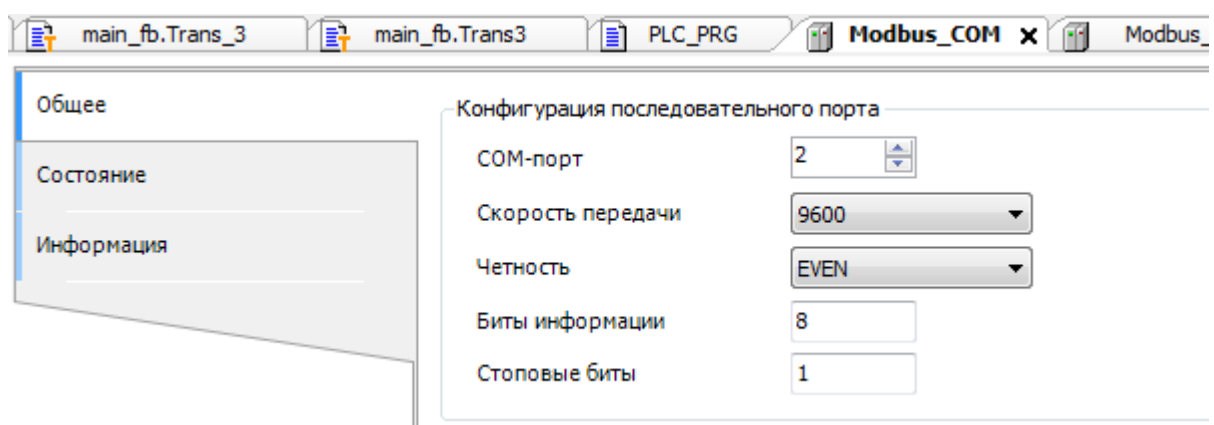


Рисунок 5.1.5 — Налаштований COM-порт

4. Налаштувати COM-порт в Free Modbus PLC Simulator:

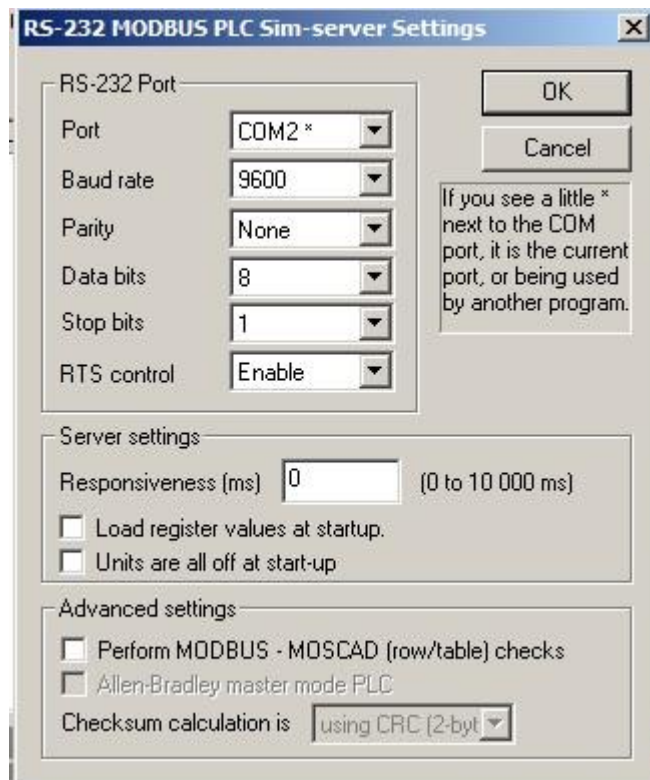


Рисунок 5.1.6 — Налаштований COM-порт в Free Modbus PLC Simulator

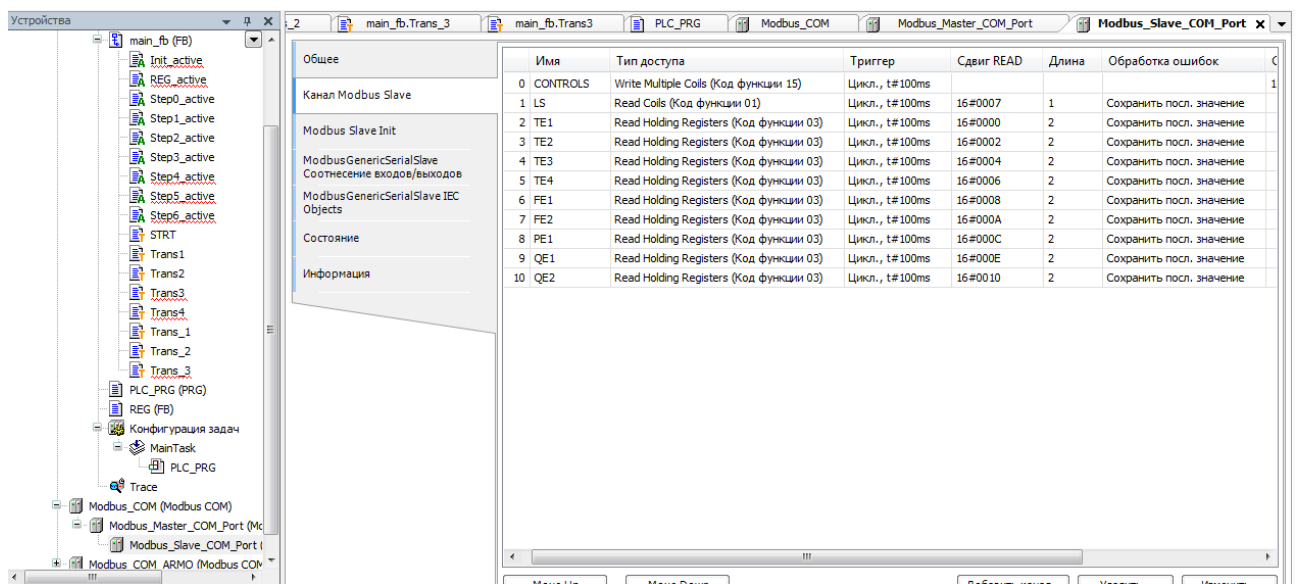


Рисунок 5.1.7 — Мappінг каналів для АСУ в середовищі CODESYS

Общее	Найти переменную	Фильтр Показать все						Add FB for IO Channel...
Канал Modbus Slave	Переменная	Соотнесение	Канал	Адрес	Тип	Единица	Описание	
Modbus Slave Init	* Application.PLC_PRG.la...		CONTROLS	%QB0	ARRAY [0..0] OF BYTE		Write Multiple Coils	
ModbusGenericSerialSlave	* Application.PLC_PRG.la...		LS	%IB0	ARRAY [0..0] OF BYTE		Read Coils	
Соотнесение входов/выходов	* Application.PLC_PRG.la...		TE1	%IW1	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
ModbusGenericSerialSlave IEC Objects	* Application.PLC_PRG.la...		TE2	%IW3	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
Состояние	* Application.PLC_PRG.la...		TE3	%IW5	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
Информация	* Application.PLC_PRG.la...		TE4	%IW7	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		FE1	%IW9	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		FE2	%IW11	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		PE1	%IW13	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		QE1	%IW15	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		QE2	%IW17	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		GE1	%IW19	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	
	* Application.PLC_PRG.la...		GE2	%IW21	ARRAY [0..1] OF WORD		Read Holding Registers	

Рисунок 5.1.8 — Співвідношення входів/виходів значень

Після запуску програми можемо спостерігати активний стан пристрою MODBUS в структурі проекту.

5.2 Встановлення з'єднання між автоматизованим робочим місцем оператора та керуючим контролером

Користуючись структурною схемою та теоретичними відомостями про встановлення обладнання на металургійних заводах, було вирішено, що автоматизоване робоче місце оператора (АРМО) має знаходитись окремо від всієї системи за причиною несприятливих умов для техніки в середовищі протікання процесу. Саме тому, між керуємим контролером, та АРМО, необхідно встановити надійний та швидкодійний зв'язок. Оглянувши існуючі рішення, можна було прийти до висновку, що є два найпопулярніші методи реалізації цього: організувавши локальну провідну мережу, що є хоч і менш складним, але менш надійним підключенням, або ж, організувати локальний сервер, де по безпроводній мережі, буде передаватися сигнал від системи оператора. На підприємствах, даний вид з'єднання буде більш надійним та економічним в плані вимог до розташування контролера. В дипломному проекті, було прийнято рішення використати другий варіант, з використанням OPC сервера.

Для з'єднання автоматизованого робочого місця оператора в середовищі Tracemod та програми управління в CODESYS, буде використаний OPC сервер «KEPServerEX». OPC є провідним стандартом підключення промислової автоматизації. KEPServerEX підтримує специфікацію єдиної архітектури OPC (OPC UA) та багато специфікацій OPC Classic, включаючи доступ до даних OPC (OPC DA), сигнали та події OPC (OPC AE) та історичний доступ до даних OPC (OPC HDA).

KEPServerEX - це провідна платформа підключення в галузі, яка забезпечує єдине джерело даних промислової автоматизації для всіх ваших програм. Дизайн платформи дозволяє користувачам підключати, керувати та контролювати різними пристроями автоматизації та програмами через один інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача. KEPServerEX використовує OPC (стандарт індустрії автоматизації взаємодії) та протоколи зв'язку, орієнтовані на IT (такі як SNMP, ODBC та веб-сервіси), щоб надати користувачам єдине джерело для промислових даних. Платформа розроблена та протестована для того, щоб відповідати вимогам наших клієнтів щодо продуктивності, надійності та простоти використання.

Властивості цієї платформи:

- Повністю сумісний з прискорювачем виробництва ThingWorx, включаючи додаток ThingWorx Controls Advisor, який забезпечує віддалену видимість у реальному часі для підключення на всіх заводах;
- Сумісний з провідними гіпервізорами, такими як VMware та Hyper-V, для гнучких розгортань у публічних та приватних хмарах. Інтегрується з IT-додатками для наочності в активі на поверсі заводу в будь-який час і з будь-якого місця;
- Підвищена безпека повідомлень через SSL та TLS для безпечної, автентифікованої та зашифрованої комунікації в різних мережевих топологіях;
- Розширені функції безпеки додатків для задоволення вимог безпеки сайту;

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

- Складний контроль доступу до сервера, джерела даних та значень даних;
- Кілька варіантів резервування для забезпечення еластичності, високої надійності та тривалості роботи в критичних програмах;
- Масштабована уніфікована архітектура, що забезпечує гнучкість комбінувати драйвери та споживати декілька протоколів на одному сервері;
- Спрощений інтерфейс для простої установки, налаштування, обслуговування та усунення несправностей;
- KEPServerEX надає важливі технічні характеристики, що забезпечують доступність, агрегацію, оптимізацію, підключення, безпеку та діагностику.

KEPServerEX спрощує конфігурацію підключених додатків, забезпечуючи єдину точку входу всієї інформації - виключаючи необхідність придбання, роботи, усунення несправностей та підтримки безлічі розрізнених рішень для дискретного підключення. Платформа може підтримувати з'єднання з тисячами джерел даних та надавати інформацію для сотень програм. Її конструкція спрощує конфігурацію підключених додатків, забезпечуючи єдину точку введення всієї інформації і також, дозволяє вирішити проблеми та поставити діагноз, забезпечує контроль доступу до інформації на основі ролей користувача, а також можливість обмежувати частоту комунікацій за обмеженою пропускнуою здатністю телеметрією.

Ця платформа, також забезпечує єдину конфігурацію для управління підключенням до будь-якого джерела даних. Все, що можна додати, налаштувати чи видалити, поки сервер працює в режимі он-лайн та працює. Користувачі можуть налаштувати проекти вручну за допомогою поетапного майстра або програмно за допомогою експорту та імпорту файлів XML та CSV та за допомогою REST-дзвінків через API конфігурації.

KEPServerEX здатний архівувати дані, які він збирає в реальному часі, до локальних сховищ. Використовуючи розширений плагін Local Historian,

					<i>IA62.270BAK.005 ПЗ</i>	Лист
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

програми можуть отримати доступ до цих історичних даних (через OPC HDA) для подальшого аналізу. Програма також може зберігати інформацію в будь-якій сумісній з ODBC базі даних, використовуючи розширений плагін DataLogger, який має можливість зберігання та пересилання, коли база даних недоступна або не може обробити інформацію досить швидко.

Із недоліків платформи, можна відмітити хіба що обмежену кількість доступних мов інтерфейсу. Це англійська, німецька, японська та китайська мови. Також, необхідна операційна система Windows 10, яка в більшості буде потребувати оновлення апаратного забезпечення на підприємствах із застарілою технікою.

Програма має доволі простий та зрозумілий інтерфейс для знавців хоча б одної із вищеперерахованих мов, а детальний процес налаштування каналу, який інтегрований в програму, дає інтуїтивно розуміти, як налаштувати кожен аспект. Налаштувавши мережу, вибравши драйвери та створивши всі необхідні дані, користуючись мануалом, який знаходиться на сайті розробника за посиланням <https://www.kepware.com>, маємо такий вигляд сервера:

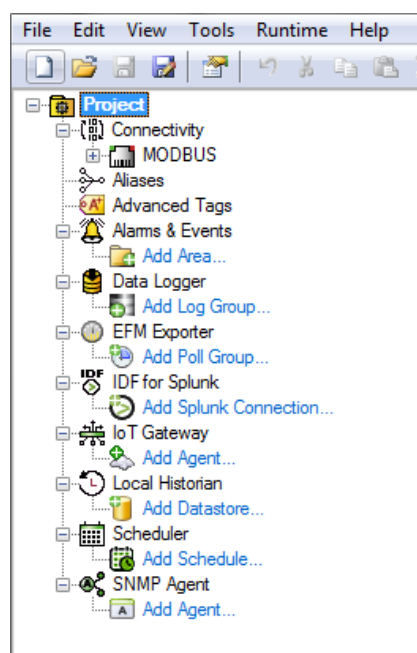
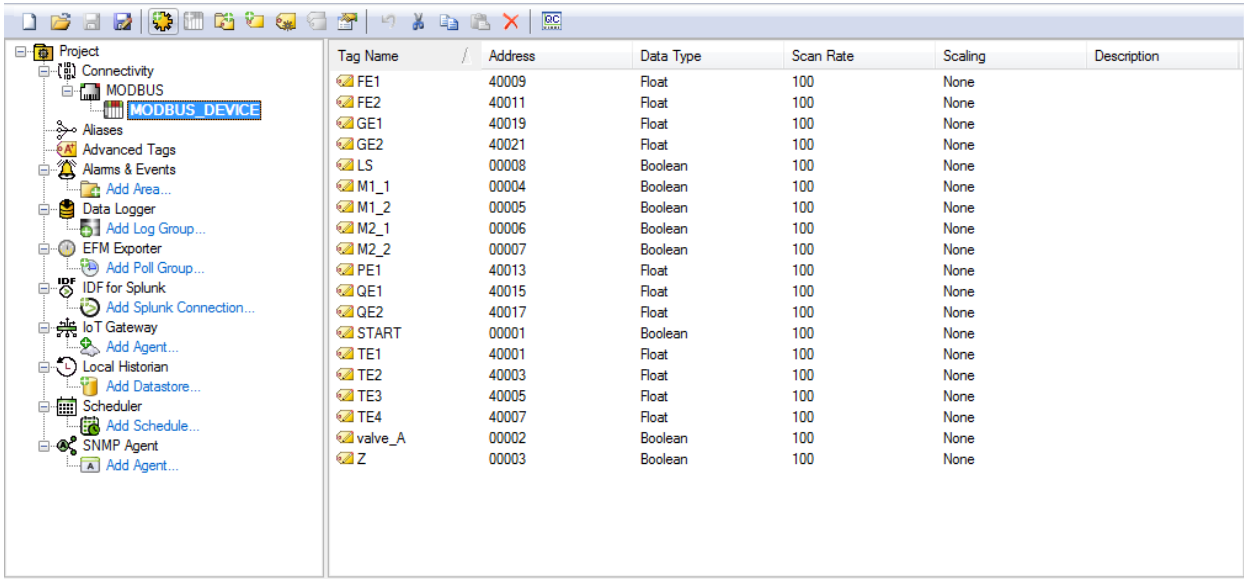


Рисунок 5.2.1 — Вкладки створеного каналу в програмі «KEPServerEx»

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

У вкладці «MODBUS», були прописані всі змінні, їх тип та адресу:



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
FE1	40009	Float	100	None	
FE2	40011	Float	100	None	
GE1	40019	Float	100	None	
GE2	40021	Float	100	None	
LS	00008	Boolean	100	None	
M1_1	00004	Boolean	100	None	
M1_2	00005	Boolean	100	None	
M2_1	00006	Boolean	100	None	
M2_2	00007	Boolean	100	None	
PE1	40013	Float	100	None	
QE1	40015	Float	100	None	
QE2	40017	Float	100	None	
START	00001	Boolean	100	None	
TE1	40001	Float	100	None	
TE2	40003	Float	100	None	
TE3	40005	Float	100	None	
TE4	40007	Float	100	None	
valve_A	00002	Boolean	100	None	
Z	00003	Boolean	100	None	

Рисунок 5.2.2 — Вигляд та характеристики змінних OPC сервера

Щоб редагувати елемент, достатньо натиснути на нього двічі. У впливаючому вікні, з’явиться вікно налаштувань, в якому і задаються параметри типу даних, адресу, доступ та час сканування.

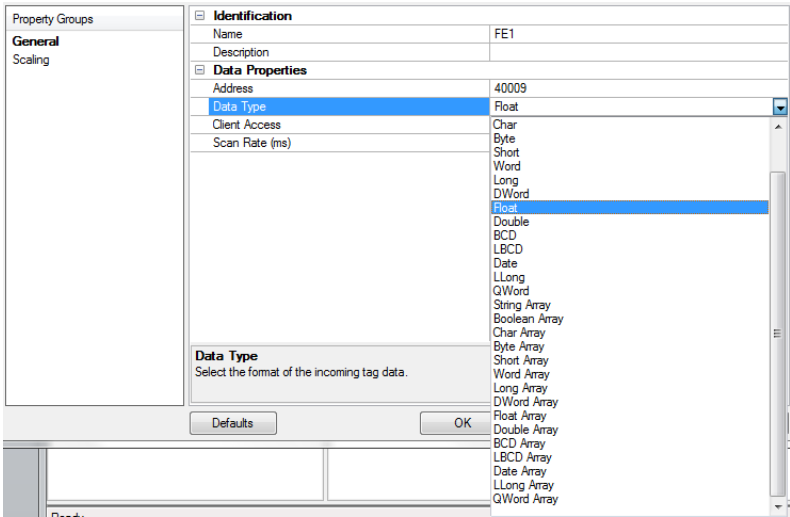


Рисунок 5.2.3 — Вікно налаштування елемента

Для того, щоб активувати OPC сервер, необхідно знайти клавішу «Quick Client», яка є самою правою клавішою на панелі інструментів, та

відділена від інших, та натиснути її. В результаті цього, відкриється зверху вікно сервера, де будуть відображатись «логи» - тобто історія змін, функціональність сервера та список з'єднань та змін значень.

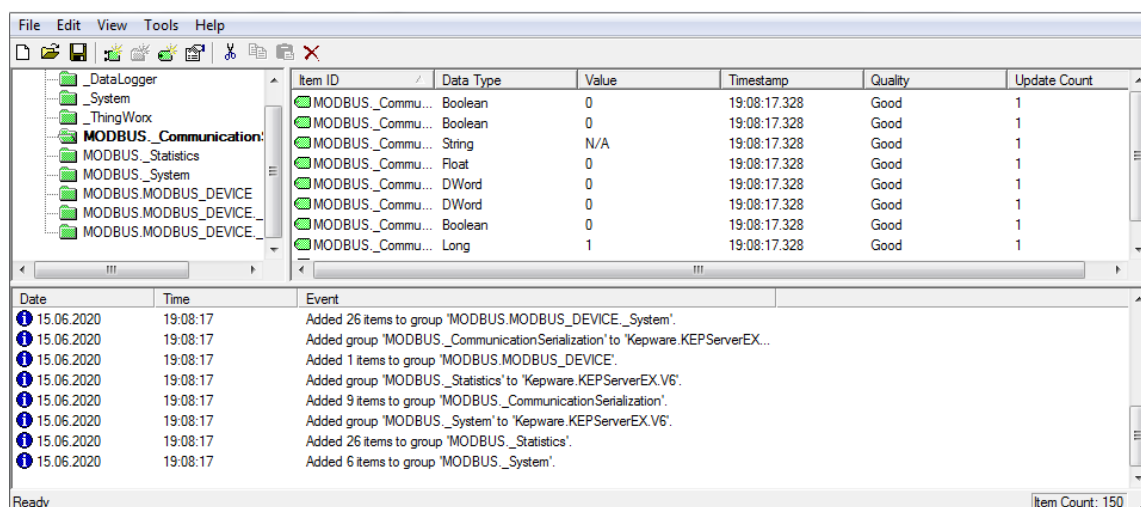


Рисунок 5.2.4 — Активний клієнт програми

Але на цьому етапі, налаштування ще не завершено. Останнє, що необхідно зробити – це налаштувати сполучення від програми-контролера до OPC сервера. Це буде відбуватись так само, як і при з'єднанні до моделі автоматизації – через протокол Modbus.

6 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Для тестування готової автоматизованої системи, необхідно увімкнути програму в CODESYS з кодом програми з додатку Б, мати документ з розширенням .vbs з кодом з додатка А. На відміну від першого, цей код можна скопіювати та вставити в відкритий файл з цим розширенням в текстовому редакторі. Далі необхідно увімкнути «Tracemode» та файл автоматизованого робочого місця оператора. Після цього, вмикаються «KEPServerEx» та «ModRSSim».

В CODESYS, для запуску програми без помилок та для вірної її роботи, необхідно натиснути клавішу «логин», перед цим перевіривши, чи активні віртуальні порти, та увімкнений віртуальний контролер «CODESYS Control Win V3», куди передається програмний код з програми та обробляється там. Підтверджуємо пошук активного шляху, після чого бачимо вкладку встановлення з'єднання.

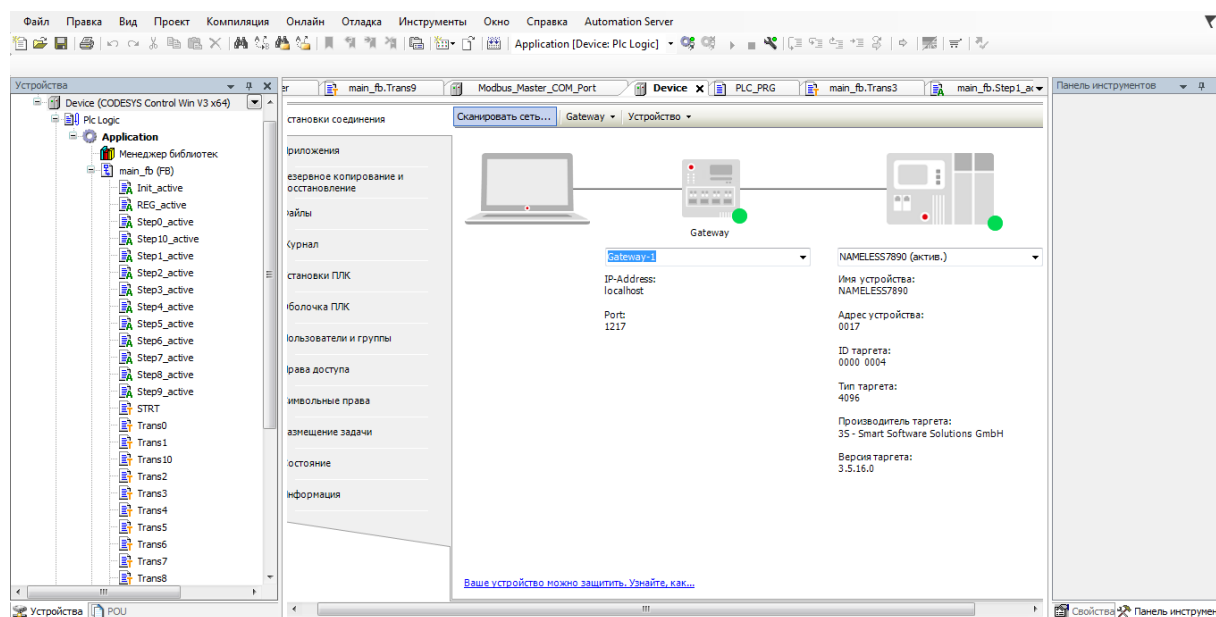


Рисунок 6.1 — Вкладка встановлення з'єднання

Якщо біля зображення пристрою для підключення світиться червоний індикатор, та видається помилка підключення – необхідно просканувати

									Лист
									50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	IA62.2705AK.005 ПЗ				

мережу, натиснувши на кнопку «сканировать сеть». Після цього, впливе вікно вибору пристрою.

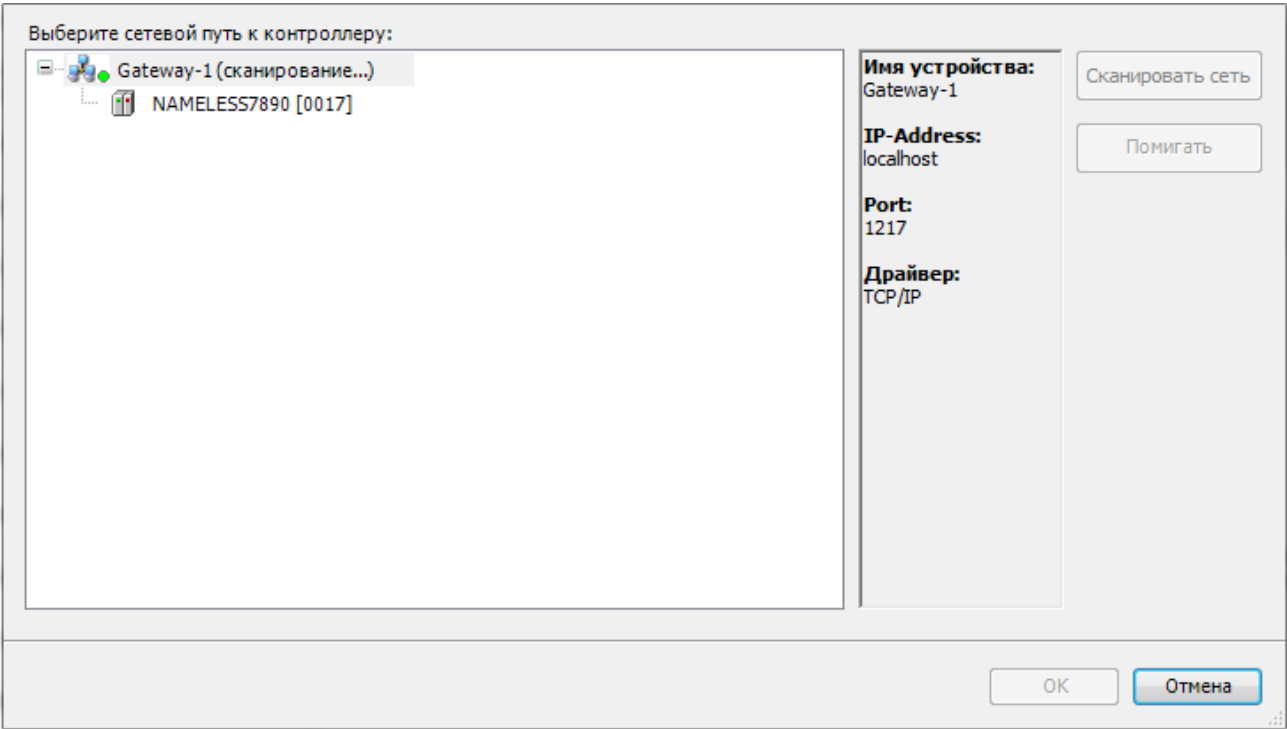


Рисунок 6.2 — Вікно вибору пристрою

Якщо пристрій не відображається – необхідно оновити пристрій. Це поширений випадок в даному програмному середовищі. Для цього, необхідно знаходимо в структурі проекту самий верхній пункт, який в даному проекті називається «Device (CODESYS Control Win V3 x64)» та натиснути правою кнопкою мишки. З’явиться список дій, з яких, потрібно натиснути на пункт «обновить устройство» та знайти варіант «CODESYS Control Win V3 x64» та вибравши його, натиснути «обновить устройство».

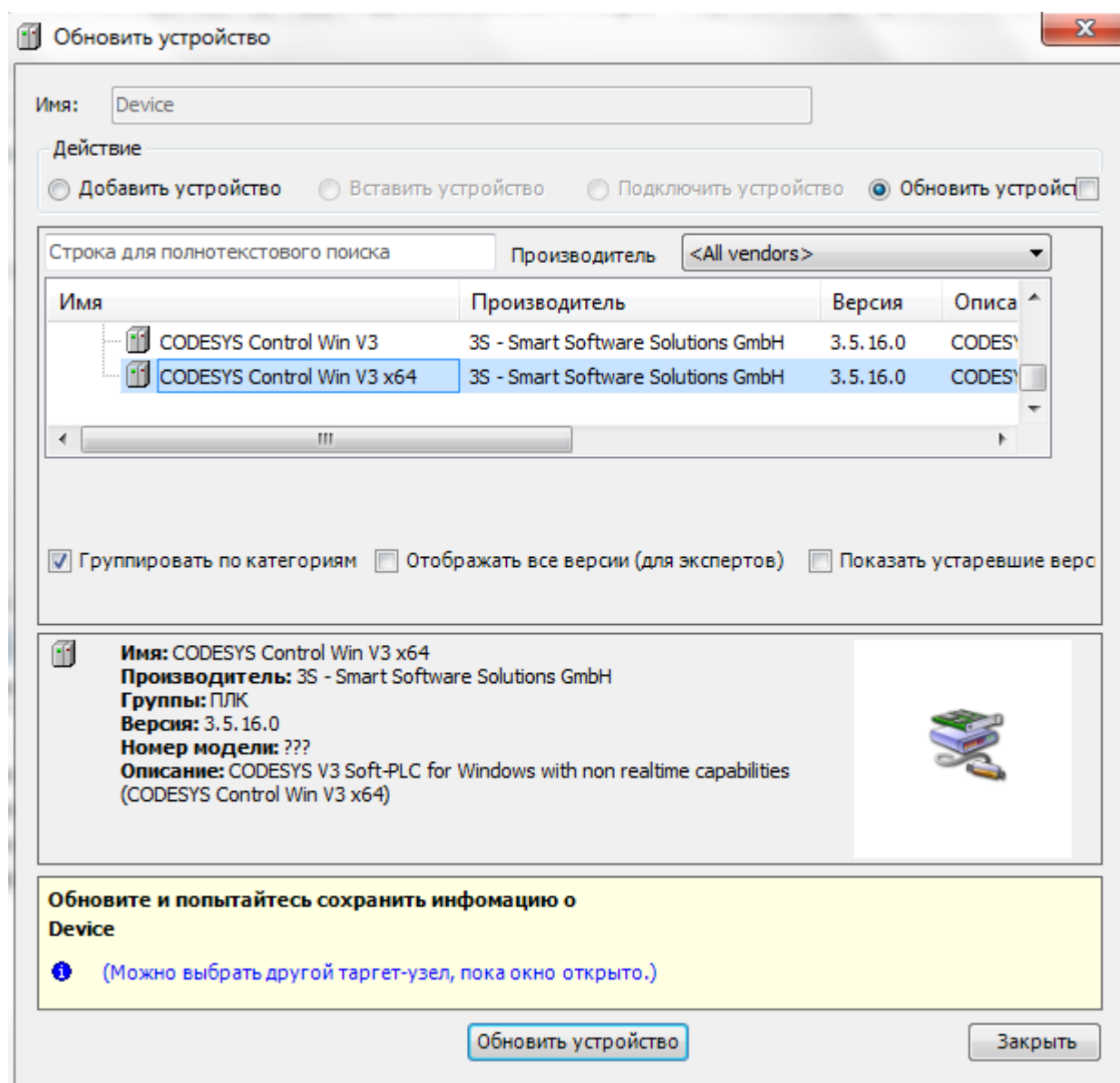


Рисунок 6.3 — Вікно оновлення пристрою

Коли встановлене з'єднання, необхідно натиснути знову кнопку «логин», після чого, відбудеться увімкнення програми керування чому засвідчить зелений колір програми (Application) та пристрою (Device), за ним напише статус «[соединен]». Нижче, на пристрої «Modbus_COM» та «Ethernet», має з'явитись знак з'єднання, як показано на рисунку нижче.

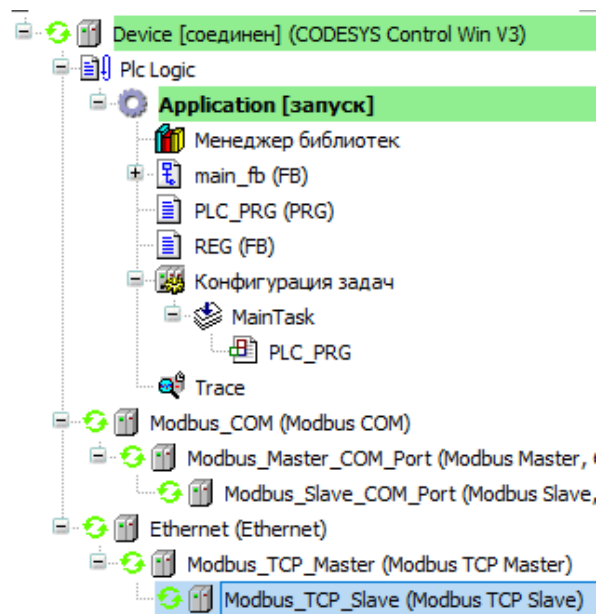


Рисунок 6.4 — Активні пристрої після логіну

Далі необхідно активувати протокол Modbus, та вказати шлях їй до скрипта, тобто до файлу з розширенням .vbs. Для цього, необхідно натиснути на значок людини, назва якого «Simulation: Set up how the value change and the station lamps». Відкриється вікно, в якому необхідно поставити «прапорець» на пункті «Training PLC Simulation» та вручну прописат шлях до файла.

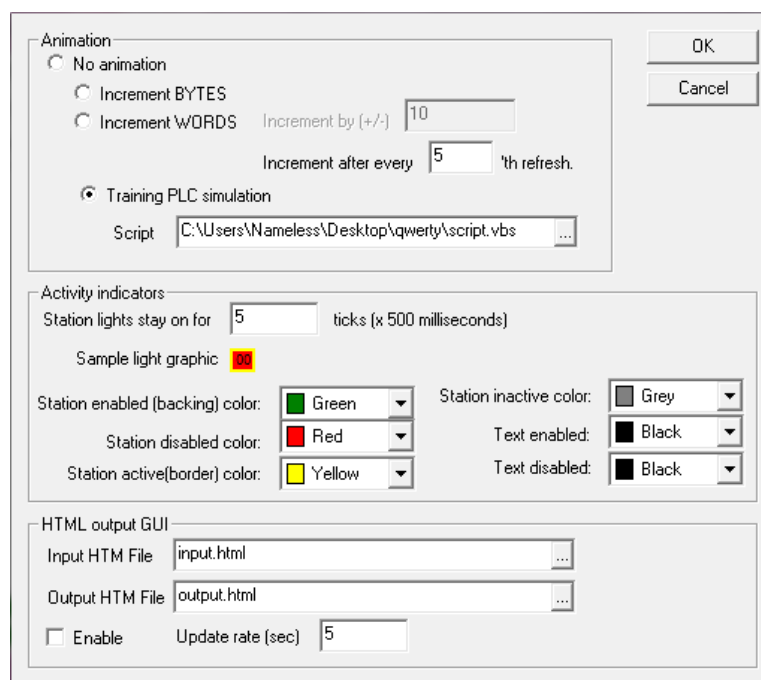


Рисунок 6.5 — Налаштування програми «ModRSSim»

Після цього, необхідно увімкнути OPC сервер. Відкривши файл з розширенням .orf, нам відкриється програма «KEPServerEX». Дії, необхідні для запуску серверу, знаходяться у розділі 5.2

Далі активуємо автоматизоване робоче місце оператора. Відкривши проект, необхідно натиснути на кнопку «Запустить профайлер». Відкриється нове вікно із зображенням автоматизованої системи, яку ми можемо бачити в додатку IA62.270БАК.004.Д4. Все, що необхідно зробити для запуску програми, це натиснути на кнопку «запуск» та активувати перемикач на мнемосхемі, позначено як «старт». На початку процесу, ми можемо спостерігати реалізацію всіх дій, які були описані в функціональній схемі, алгоритмі програми управління та в етапах розробки. На рисунку 6.6 видно саме процес початку заливки рідкого чавуну в конвертор. Фурма припіднята, датчик температури відображає температуру всередині пустого конвертора, а клапан подачі кисню закритий.

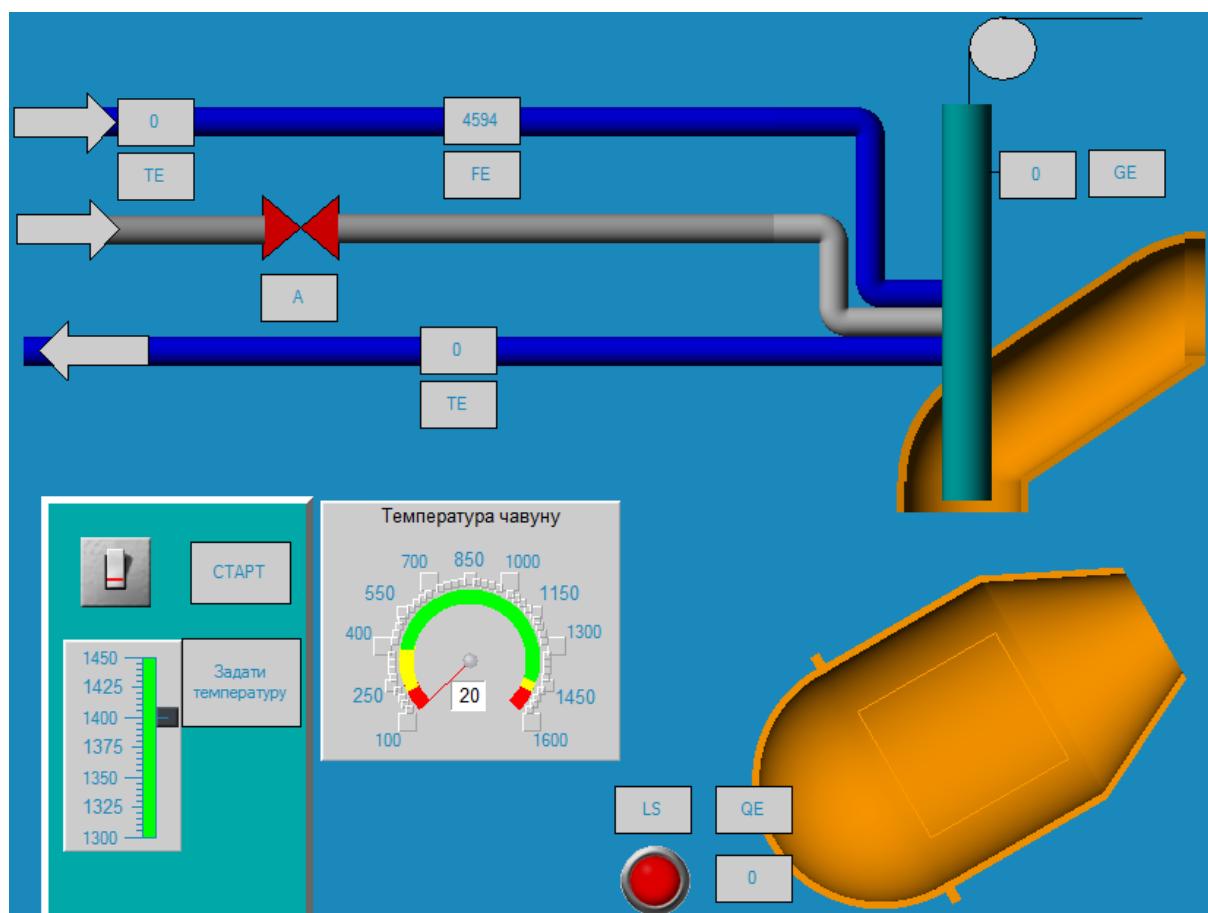


Рисунок 6.6 — Стан системи перед початком заливки чавуну

Разом з цим, в програмі управління, можна бачити, який зараз етап відбувається. Наразі, у нас відбувається перший крок і він виділений синім.

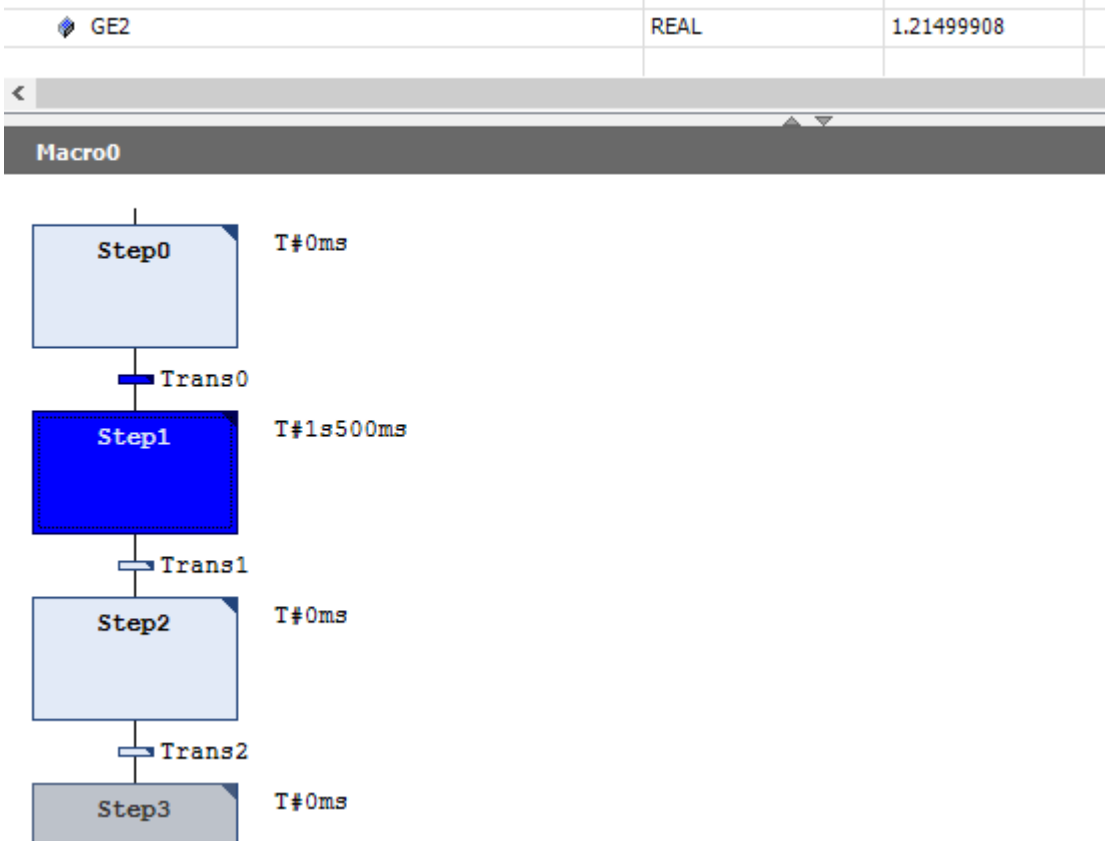


Рисунок 6.7 — Відображення активної дії в CODESYS

Далі можна побачити, як конвертор заповнився чавуном та увімкнувся клапан А, засвітившись на мнемосхемі зеленим кольором. Також, відображаються значення температури поступаючої води «TE», де за навмисною похибкою в коді, значення було приближене до ідеалу (23°, а не 20), але не встановлене, як таке, зімітувавши умови нагріву системи. Така ж ситуація з вихідною температурою води. Видно витрату води за датчиком «FE», густина рідини всередині, що свідчить про готовність сталі, кут повороту фурми. Даний рисунок, дає нам краще зрозуміти сенс вказаного «повороту двигуна за та проти годинникової стрілки». Дане визначення було створене спеціально для показу на мнемосхемі.

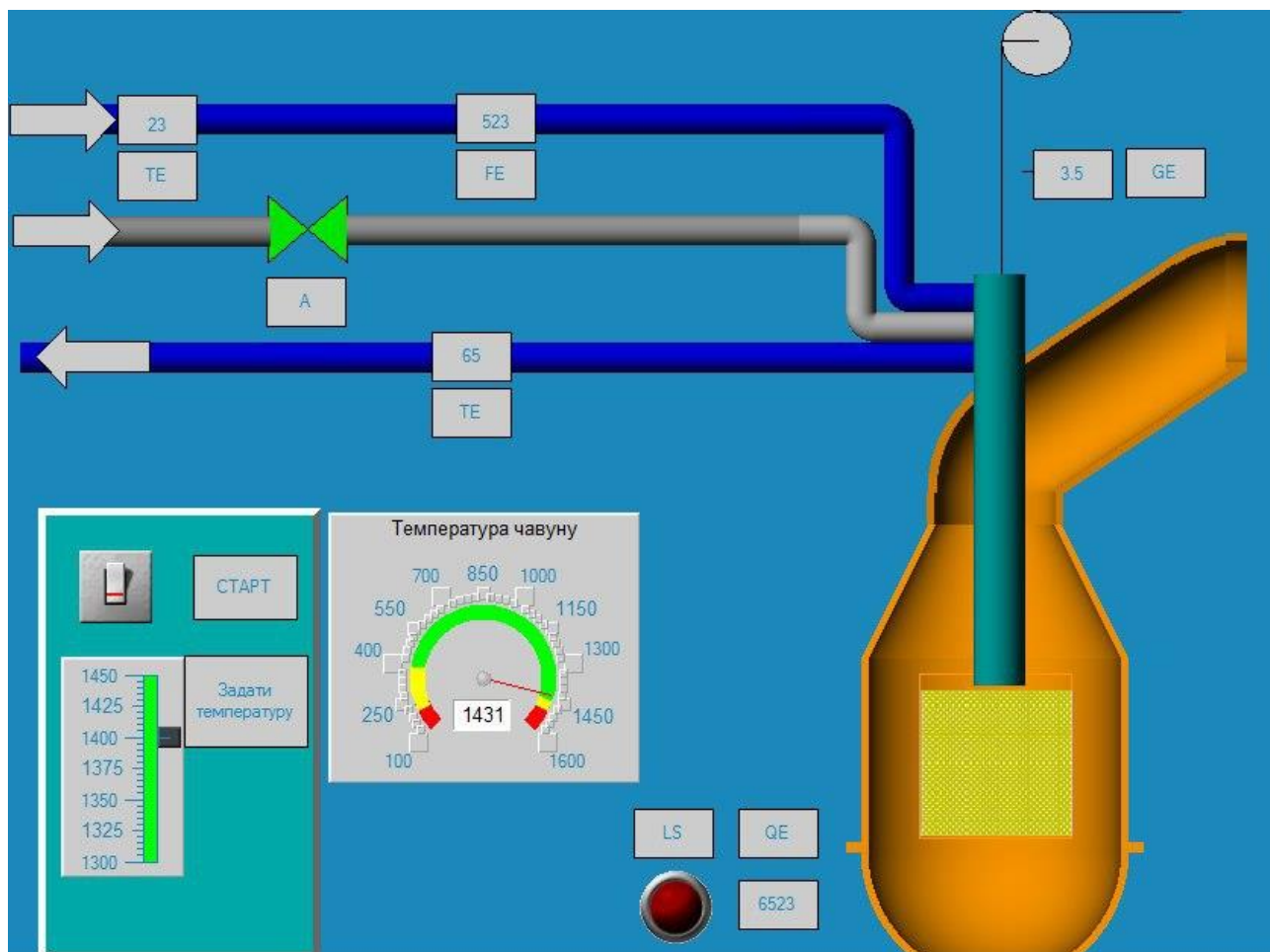


Рисунок 6.8 — Зображення етапу продувки

На протязі всього процесу, в програмі ModRSSim, код генерує значення, які відображаються у АРМО. Для цього, необхідно відкрити «Holding Registers»

MODBUS RTU RS-232 PLC - Simulator (port: COM1 9600,8,N,1,R-en)

Connected (1): (received/sent) (0/0) Serv. read data.

Address: ☐ Hex ☒ Dec I/O ☐ Holding Registers ☒ Fmt: float 32 Prot: MODBUS RS- ☐ Clone

Address	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
40001-40010	9.955...	10004...	0.175...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40011-40020	10.00...	0.000...	6.600...	0.000...	13.59...	-0.000...	10.00...	0.000...	168.0...	0.000...
40021-40030	1.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40031-40040	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40041-40050	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40051-40060	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40061-40070	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40071-40080	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40081-40090	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40091-40100	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40101-40110	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40111-40120	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40121-40130	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40131-40140	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40141-40150	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40151-40160	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40161-40170	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40171-40180	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40181-40190	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...
40191-40200	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...	0.000...

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

T Comms

Рисунок 6.9 — Відображення зміни значень, які проходять через протокол Modbus

Всі значення, також відображаються в програмі CODESYS:

main_fb x main_fb.Trans0 Modbus_Slave_COM_Port main_fb.Trans1

Device.Application.PLC_PRG.lad

Выражение	Тип	Значение	Пс
M2_1	BOOL	FALSE	
M2_2	BOOL	TRUE	
LS	BOOL	FALSE	
regulator	REG		
TE1	REAL	21	
TE2	REAL	34	
TE3	REAL	67	
TE4	REAL	1432	
FE1	REAL	234	
FE2	REAL	4960	
PE1	REAL	2.30761719	
QE1	REAL	1.196875	
QE2	REAL	6771.2	
GE1	REAL	0	
GE2	REAL	1.2109375	

Рисунок 6.10 — Відображення зміни значень параметрів в середовищі CODESYS

А також, в OPC-сервері

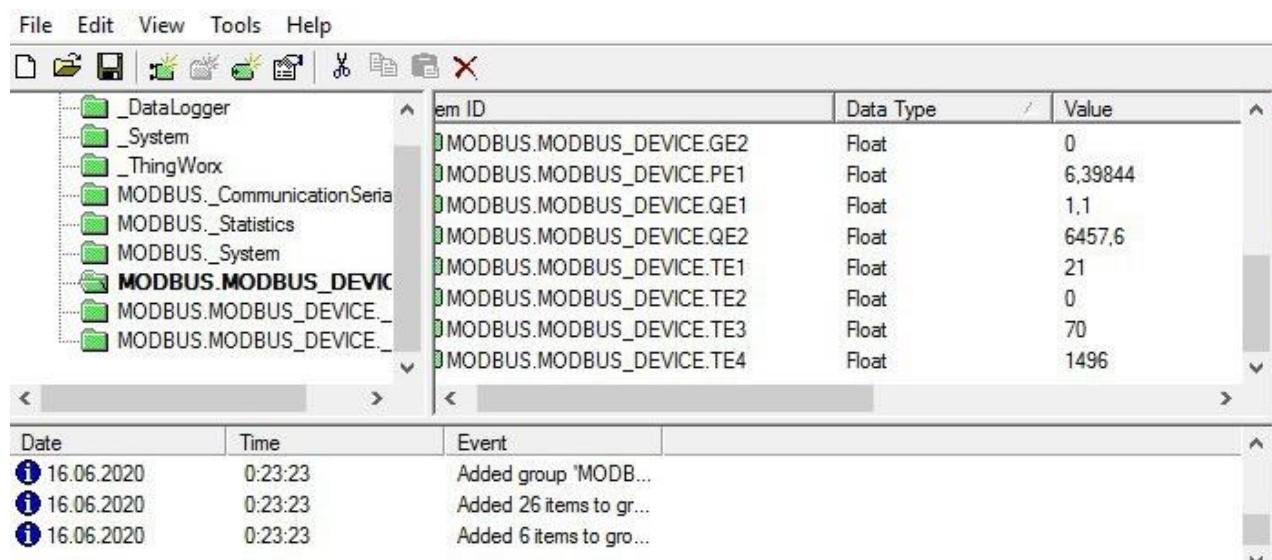


Рисунок 6.11 — Відображення зміни значень змінних в клієнті KEPServerEX

Коли пройде час продувки, клапан «А» стає червоного кольору, що свідчить про його закриття. Подача води також припиняється. Це можна визначити по зміні значення відповідного датчика на 0. Фурма піднімається за допомогою двигуна, а конвертор повертається за годинниковою стрілкою (якщо дивитис на схему) для виливу готової сталі. Про вилив сталі свідчить датчик нижнього рівня, який на протязі цього процесу світиться.

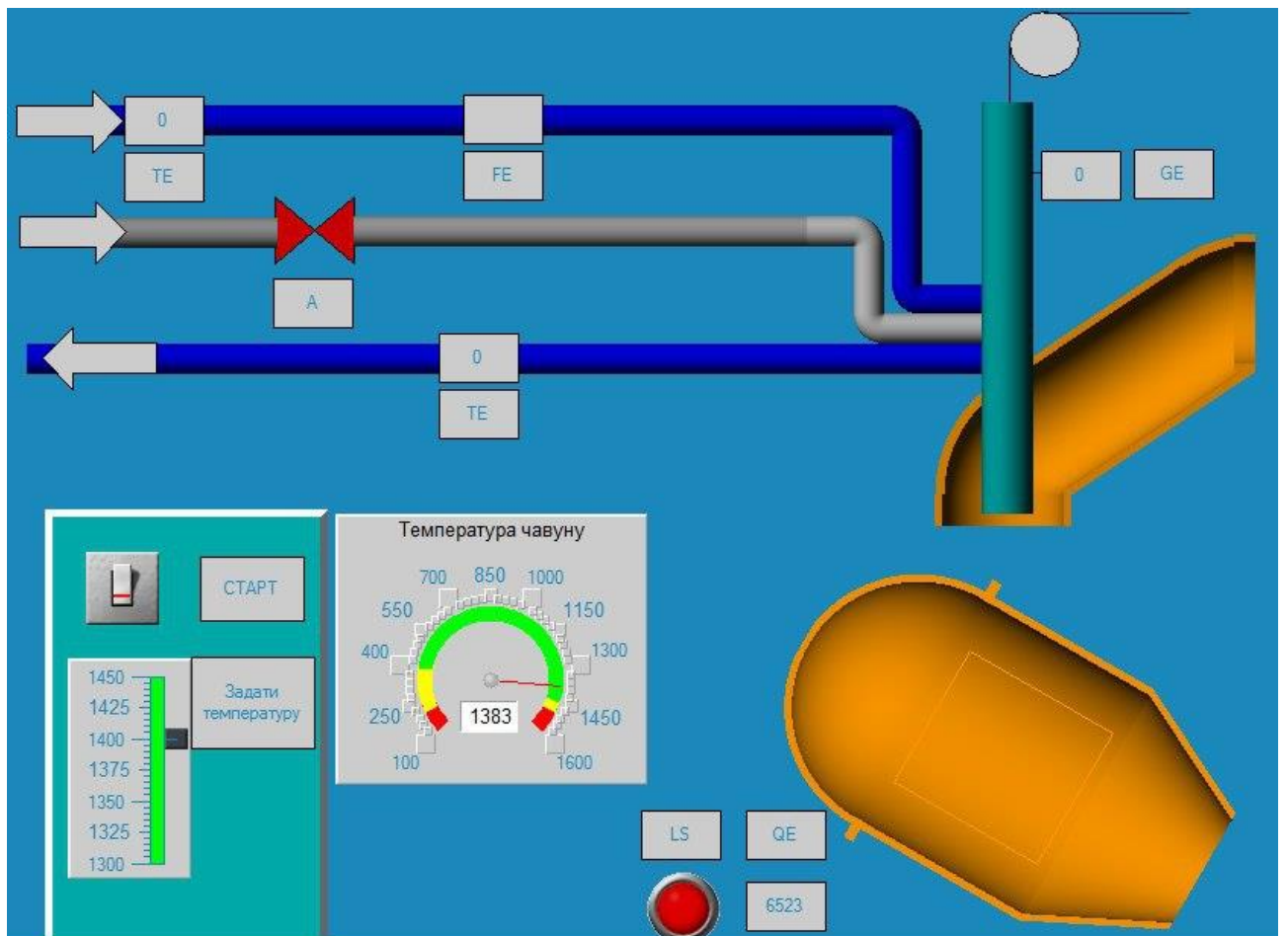


Рисунок 6.12 — Зображення на АРМО етапу виливу сталі

Після того, як сталь буде вилита з конвертора, система повертається в своє початкове положення, всі параметри скидуються та через невеликий проміжок часу, запускається новий процес.

ВИСНОВКИ

Дипломний проект присвячений розвитку української металургії та автоматизації в виробництві.

В процесі виконання проекту, були набуті навички у проектуванні та розробці елементів та систем автоматизації. Були добути знання в формулюванні проблеми, в її межах, вирішення конкретної науково-дослідної чи навчально-дослідної задачі, формулюванні загальної мети і конкретних задач роботи, визначення методики дослідження. Затверджені навички роботи з середовищами CODESYS і Tracemod, створення серверних сполучень по протоколу Modbus.

Результатом даного дипломного проекту є розроблена система автоматизації процесу регулювання параметрів кисневого конвертора, структурна схема, функціональна схема, мнемосхема (за функціональною схемою), керуючий контролер та програма управління ним. Також, були налаштовані з'єднання між цими програмами та обладнанням. Даний проект являється готовим до застосування його на виробництві за умов тестування системи та зміни часових параметрів програми. В майбутньому, проект має перспективи розвитку та модифікацій. Планується розширення системи, додавання більшої кількості датчиків та приладів, які будуть показувати склад чавуну за допомогою автоматизованих датчиків, які можуть виявляти хімічний склад металів та додати опціонал для донного дуття, який за певних умов, може бути ефективнішим за поверхневий, але він є складнішим та більш вимогливим в плані обладнання для реалізації.

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основы металлургического производства: Учебник./В.К. Бабич, Н.Д. Лукашкин, А.С. Морозов и др. М.: -1988.
2. Основы технологии важнейших отраслей промышленности /Под ред. Сидорова. М.: -1971.
3. Технология важнейших отраслей промышленности /Под ред. Гринберга, М. :1985.
4. Бойченко Б.М., Охотський В.Б. Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, конструкції агрегатів....: Підручник (укр. та рос. мовами).-Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-Вал», 2006.-454 с
5. Сталеплавильне виробництво: /В.І. Баптизмаський, Б.М. Бойченко, О.Г. Величко та ін.К.: ІЗМН, 1996. - 400 с
6. Теоретичні основи сталеплавильних процесів: Навч. Посібник М.Я.Меджибожський, П.С.Харлашин. К.: НМК ВО, 1993.-276 с.
7. Технология производства стали в современных конвертерных цехах С.В.Колпаков, Р.В.Старов, В.В.Смокий и др.-М. Машиностроение, 1991.- 464 с.
8. Смокий В.В., Лапицкий В.В., Белокуров Э.С. Комбинированные процессы выплавки стали в конвертерах. К.: Техніка, 1992.- 163 с
9. Ветров И. В. CoDeSys — повседневный инструмент программиста ПЛК // Автоматизация в промышленности, № 8, 2012. — С.8-12.
10. Інтернет-форум користувачів (<https://forge.codesys.com/forge/talk/>)
11. Форум по програмуванню Овен ПЛК в середовищі Codesys (рос.)
12. CoDeSys. Теорія. — функціонал програмного комплексу CODESYS, його структура, мови, можливості програмування й візуалізації (рос.)
13. OPC-сервер CoDeSys: пример использования — приклад використання.
14. Обзор системы TRACE
MODE (<http://www.adastra.ru/products/overview/>)

					<i>IA62.270BAK.005 ПЗ</i>	Лист
						61
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

15. Список контролеров и УСО, поддерживаемых в TRACE MODE 6 (рус.)
16. Учебный фильм: подключение контролера к TRACE MODE 6 через OPC (рус.)
17. Анзимилов Л. В. SCADA TRACE MODE — НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2007. № 4. С. 53-54.
18. Кравченко И. В. ТЕХНОЛОГИИ SCADA TRACE MODE 6 ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕЛЕМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ // Автоматизация в промышленности. 2008. № 4. С. 47-48.
19. Арбузов В. В., Лакиза А. М., Войцицкий В. В., Недельчев П. А., Литвиненко И. А. СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АСУТП ЭНЕРГОПОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ TRACE MODE // Промышленные АСУ и контролеры. 2005. № 7. С. 1-7.
20. Анзимилов Л. В. SCADA TRACE MODE — НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2007. № 4. С. 53-54.

ДОДАТОК А

q_{air} = 6.6 ' витрата повітря [метри кубічних на секунду]

q_{water} = 3.0 ' витрата води [метри кубічних на секунду]

T_{water_0} = 30.0 ' початкова температура води

p_{ch} = 6800.0 ' густина чавуну

p_{air} = 1.2 ' густина повітря

p_{water} = 1000.0 ' густина повітря

c_{ch} = 1000.0 ' питома теплоємність чавуну

c_{water} = 4200.0 ' питома теплоємність води

a1 = 2.0 ' коефіцієнт передачі теплоти хімічної реакції $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$.

a2 = 3.0 ' коефіцієнт передачі теплоти від чавуну

a3 = 2.0 ' коефіцієнт передачі теплоти від води

offset_1 = 0

offset_2 = 15

dt=0.2

start = GetRegisterValue(0, offset_1)

valve_A = GetRegisterValue(0, offset_1 + 1)

Z = GetRegisterValue(0, offset_1 + 2)

M1_1 = GetRegisterValue(0, offset_1 + 3) ' Запуск двигуна фурми за годинниковою стрілкою

M1_2 = GetRegisterValue(0, offset_1 + 4) ' Запуск двигуна фурми проти годинникової стрілки

M2_1 = GetRegisterValue(0, offset_1 + 5) ' Запуск двигуна конвертора за годинниковою стрілкою

M2_2 = GetRegisterValue(0, offset_1 + 6) ' Запуск двигуна конвертора за годинниковою стрілкою

					IA62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						63
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

TE1 = FloatFromRegister(3, offset_1) ' Датчик температури води, що подається

TE2 = FloatFromRegister(3, offset_1+2) ' Датчик температури кисню, що подається

TE3 = FloatFromRegister(3, offset_1+4) ' Датчик температури води, що відводиться

TE4 = FloatFromRegister(3, offset_1+6) ' Датчик температури чавуну, в конверторі

FE1 = FloatFromRegister(3, offset_1+8) ' Датчик витрати води

FE2 = FloatFromRegister(3, offset_1+10) ' Датчик витрати кисню

PE1 = FloatFromRegister(3, offset_1+12) ' Датчик надлишкового тиску повітря

QE1 = FloatFromRegister(3, offset_1+14) ' Датчик концентрації кисню

QE2 = FloatFromRegister(3, offset_1+16) ' Датчик концентрації чавуну

AddDebugString "#####"

if (start) then

if (START) then

AddDebugString "hx=" +CStr(hx)

AddDebugString "valve_A=" +CStr(valve_A)

AddDebugString "M1=" +CStr(M1_1+M1_2)

AddDebugString "M2=" +CStr(M2_1+M2_2)

FE1+=q_water

FE2+=q_air

hx = hx / 100.0

if (hx<=hb) then

 'Розрахунок об'єму рідкого чавуну, якщо його рівень не більше висоти нижньої частини конвертора

$$rx = (r2_tank1 - r1_tank1) / hb * (hx) + r1_tank1$$

$$V = hx * pi/3 * (r2_tank1 * r2_tank1 + r2_tank1 * rx + rx * rx)$$

else

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

'Розрахунок об'єму рідкого чавуну, якщо його рівень більше висоти нижньої частини конвертора

$$V = hb * \pi/3 * (r2_tank1 * r2_tank1 + r2_tank1 * rx + rx * rx)$$

$$V += (hx - hb) * (\pi * r2_tank1 * r2_tank1)$$

end if

if (V <= 0) then

'Зкидання параметрів, якщо об'єм менше дорівнює 0

$$T4 = 30$$

$$hx = 0$$

$$V = 0$$

else

if (GE1 >= 1.8) then 'Якщо фурма опущена до потрібного рівня

$$q = (a1 * p_ch * V + a2 * p_air * q_air * valve_A) * dt$$

'Якщо подається кисень(valve_A), починається хімічний процес, під час якого виділяється теплота

$$q_cool = a * p_water * q_water * dt$$

' Кількість теплоти, яку забирає охолоджувач

if (q > q_cool) then

$$TE3 = TE1 + q_cool / (c_water * p_water * q_water)$$

$$q_T4 = q - q_cool$$

$$TE4 = T4 + q_T4 / (c_ch * p_ch * V1)$$

else

$$TE3 = TE1 + q / (c_water * p_water * q_water)$$

end if

end if

end if

if (M2_1) then

GE2 = 0.03 * dt 'Змінення положення(кута повороту) конвертора,

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						65
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата		

```

        'якщо увімкнен двигун M2

    end if

    if (M2_2) then
        GE2 = -0.03 *dt 'Змінення положення(кута повороту) конвертора,
якщо увімкнен двигун M2
    end if

    if (M1_1) then
        GE1 = 0.1 *dt 'Змінення положення фурми, якщо увімкнен двигун
M1
    end if

    if (M1_2) then
        GE1 = -0.1 *dt 'Змінення положення фурми, якщо увімкнен двигун
M1
    end if

    if(GE2 >= 94) then
        V = V - q_k_out * GE2/1.5 *dt 'Вилив рідкого чавуну при
достатньому нахилі конвертора
    end if

    if (Z) then
        V = V + q_k_in * dt 'Наповнення конвертора при відкритті
заслінки
        TE4 = TE4 + (TE4 - 40) / TE4 * q_k_in / V
    end if

    if (hx<=0.2) then 'Зпрацювання датчику при досягненні необхідного
рівня
        LS=1
    else
        LS=0
    end if

    GetRegisterValue LS, 0, offset + 7

```

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

FloatToRegister TE1, 3, offset
FloatToRegister TE2, 3, offset + 2
FloatToRegister TE3, 3, offset + 4
FloatToRegister TE4, 3, offset + 6
FloatToRegister FE1, 3, offset + 8
FloatToRegister FE2, 3, offset + 10
FloatToRegister PE1, 3, offset + 12
FloatToRegister QE1, 3, offset + 14
FloatToRegister QE2, 3, offset + 16
FloatToRegister GE1, 3, offset + 18
FloatToRegister GE2, 3, offset + 20
end if

Dim HiHi_Byte, HiLo_Byte, LoHi_Byte, LoLo_Byte
Dim Hi_Word, Lo_Word

Function LongToFloat(X) ' Long - 4 bytes To IEEE754 Float-Point
Dim S, E, F
S = -(X < 0)
E = (X And &H7F800000) \ &H800000
F = X And &H7FFFFFFF
If (0 < E) And (E < 255) Then
    LongToFloat = (-1) ^ S * 2 ^ (E - 127) * ((F Or &H800000) / &H800000)
ElseIf E = 0 Then
    If F = 0 Then
        If S = 0 Then
            LongToFloat = 0 'плюс нуль
        Else
            LongToFloat = -0 'мінус нуль
        End If
    Else '(E = 0) And (F <> 0)
        LongToFloat = (-1) ^ S * 2 ^ (-126) * (F / &H800000)
    End If
End Function

```

					1A62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

End If
Else 'E = 255
If F = 0 Then
If S = 0 Then
LongToFloat = 0 'плюс нескінченність
Else
LongToFloat = -0 'мінус нескінченність
End If
Else '(E = 255) And (F <> 0)
LongToFloat = 0 'не-число - NaN - Not a Number
End If
End If
End Function
Function FourBytesToLong(B0, B1, B2, B3) ' Long - 4 bytes
If B3 <= 127 Then
FourBytesToLong = B3 * &H1000000 + B2 * &H10000 + B1 * &H100& +
B0
Else
FourBytesToLong = -((255 - B3) * &H1000000 + (255 - B2) * &H10000 +
—
(255 - B1) * &H100& + (255 - B0)) - 1
End If
End Function
Function TwoWordsToLong(W0, W1) ' Word - 2 bytes
'Signed Int To Unsigned Word
If W0 < 0 Then W0 = 65535+W0+1
If W1 < 0 Then W1 = 65535+W1+1
If W1 <= &H7FFF Then
TwoWordsToLong = W1 * &H10000 + W0
Else

```


TwoWordsToLong = -(((65535 - W1) * &H10000 + (65535 - W0)) - 1

End If

End Function

Sub FloatTo4Bytes(Y) ' IEEE754 Float-Point To Long - 4 bytes

Dim Sign, Exponent, Mantissa, multiply, m, C, firstbit

If Y<0 Then Sign = -1 Else Sign = 1

If Sign = 1 Then firstbit = 0 Else firstbit = 1

If Y=0 Then

HiHi_Byte = 0

HiLo_Byte = 0

LoHi_Byte = 0

LoLo_Byte = 0

Exit Sub

Else Exponent = Int(Log(abs(Y))/Log(2))

End If

Mantissa = Y/2^Exponent/Sign

multiply = (Mantissa-1)*(8388608)

m = multiply/256

LoLo_Byte = Int((m - Int(m))*256+0.5)

LoHi_Byte = (Int(m)/256 - Int(Int(m)/256))*256

C = Int(Int(m)/256)

Exponent = Exponent+127

HiLo_Byte = (Exponent And &H1)*128 + C

HiHi_Byte = &HFF

If firstbit = 1 Then

HiHi_Byte = HiHi_Byte And &H80

Else

HiHi_Byte = &H00

End If

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

HiHi_Byte = HiHi_Byte + Int(Exponent * (2 ^ (-1)))

End Sub

Function FloatFromRegister(Reg, Offset)

Lo_Word = GetRegisterValue(Reg, Offset)

Hi_Word = GetRegisterValue(Reg, Offset+1)

FloatFromRegister = LongToFloat(TwoWordsToLong(Lo_Word,
Hi_Word))

End Function

Sub FloatToRegister(Value, Reg, Offset)

FloatTo4Bytes Value

Lo_Word = LoHi_Byte * (2 ^ 8) + LoLo_Byte

Hi_Word = HiHi_Byte * (2 ^ 8) + HiLo_Byte

SetRegisterValue Reg, Offset+0, Lo_Word

SetRegisterValue Reg, Offset+1, Hi_Word

End Sub

ДОДАТОК Б

Блок «Main.fb»:

FUNCTION_BLOCK main_fb

VAR_INPUT

START:BOOL;

END_VAR

VAR_OUTPUT

END_VAR

VAR

T_SET:REAL;

valve_A:BOOL;

Z:BOOL;

M1_1:BOOL;

M1_2:BOOL;

M2_1:BOOL;

M2_2:BOOL;

LS:BOOL;

regulator:REG;

TE1: REAL;

TE2: REAL;

TE3: REAL;

TE4: REAL;

FE1: REAL;

FE2: REAL;

PE1: REAL;

QE1: REAL;

QE2: REAL;

GE1: REAL;

GE2: REAL;

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						71
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

END_VAR

Дія «Init_active»:

valve_A:=FALSE;

Z:=FALSE;

M1_1:=FALSE;

M1_2:=FALSE;

M2_1:=FALSE;

M2_2:=FALSE;

LS:=FALSE;

Додаток «REG(FB)»:

FUNCTION_BLOCK REG

VAR_INPUT

TE4: REAL;

T_SET:REAL;

END_VAR

VAR_OUTPUT

valve_A: BOOL;

END_VAR

VAR

END_VAR

Дія «REG_active»:

regulator(TE4:=TE4,T_SET:=T_SET, valve_A=>valve_A);

Перехід «STRT»:

START and Init.t>T#2s;

Дія «Step0_active»:

M2_1:=TRUE;

Перехід «Trans0»:

GE2>=60;

Дія «Step1_active»:

M2_1:=FALSE;

					IA62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Z:=TRUE;
 Перехід «Trans1»:
 Step1.t>=T#10s;
 Дія «Step2_active»:
 Z:=FALSE;
 M2_2:=TRUE;
 Перехід «Trans2»:
 GE2<=0;
 Дія «Step3_active»:
 M2_2:=FALSE;
 Перехід «Trans3»:
 Step3.t>=T#5s;
 Дія «Step4_active»:
 M1_1:=TRUE;
 Перехід «Trans4»:
 GE1>=1.8;
 Дія «Step5_active»:
 M1_1:=FALSE;
 Перехід «Trans5»:
 Step5.t>T#5s;
 Дія «Step6_active»:
 valve_A:=TRUE;
 Перехід «Trans6»:
 Step6.t>=T#30s;
 Дія «Step7_active»:
 valve_A:=FALSE;
 M1_2:=TRUE;
 Перехід «Trans7»:
 GE1<=0.2
 Дія «Step8_active»:

					1A62.270BAK.005 ПЗ	Лист
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

M1_2:=FALSE;

M2_1:=TRUE;

Перехід «Trans8»:

GE2>=100;

Дія «Step9_active»:

M2_1:=FALSE;

Перехід «Trans9»:

LS

Дія «Step10_active»:

M2_2:=TRUE;

Перехід «Trans10»:

GE2<=0;

					1A62.2705AK.005 ПЗ	Лист
						74
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		